



TUGAS AKHIR - SF141501

**IDENTIFIKASI ANOMALI BAWAH PERMUKAAN
DAERAH KAYANGAN API, DESA SENDANGHARJO,
KEC. NGASEM, KAB. BOJONEGORO MENGGUNAKAN
METODE MAGNETIK**

**Shafitri Wulandhari
NRP 1113 100 041**

**Dosen Pembimbing
Dr. Sungkono, M.Si**

**Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - SF 141501

**IDENTIFIKASI ANOMALI BAWAH PERMUKAAN
DAERAH KAYANGAN API, DESA SENDANGHARJO,
KEC. NGASEM, KAB. BOJONEGORO MENGGUNAKAN
METODE MAGNETIK**

**Shafitri Wulandhari
NRP 1113 100 041**

**Dosen Pembimbing
Dr. Sungkono, M.Si**

**Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SF 141501

**IDENTIFICATION OF SUBSURFACE ANOMALY AT
KAYANGAN API, DESA SENDANGHARJO, KEC.
NGASEM, KAB. BOJONEGORO USING MAGNETIC
METHOD**

**Shafitri Wulandhari
NRP 1113 100 041**

**Advisor
Dr. Sungkono, M.Si**

**Departement of Physics
Faculty of Matematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

IDENTIFIKASI ANOMALI BAWAH PERMUKAAN DAERAH KAYANGAN API, DESA SENDANGHARJO, KEC. NGASEM, KAB. BOJONEGORO MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains pada
Bidang Studi Fisika Bumi
Program Studi S-1 Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :
Shafitri Wulandhari
1113 100 041**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. Sungkono, M.Si



SURABAYA, JULI 2017

**IDENTIFIKASI ANOMALI BAWAH PERMUKAAN
DAERAH KAYANGAN API, DESA SENDANGHARJO,
KEC. NGASEM, KAB. BOJONEGORO MENGGUNAKAN
METODE MAGNETIK**

Nama : Shafitri Wulandhari
NRP : 1113 100 041
Departemen : Fisika, FMIPA – ITS
Pembimbing : Dr. Sungkono, M.Si

Abstrak

Bojonegoro, Jawa Timur merupakan salah satu daerah dengan cadangan gas yang melimpah. Hal ini dibuktikan dengan adanya semburan gas yang muncul diatas permukaan pada wisata Kayangan Api. Semburan gas muncul karena adanya gas yang merembes ke permukaan bumi melalui rekahan, sehingga dibutuhkan metode geofisika untuk mengidentifikasi posisi serta kedalaman anomali rekahan tersebut. Identifikasi tersebut dilakukan dengan menggunakan metode magnetik dan metode CWT. Rembesan gas di Kayangan Api dikelilingi oleh klosur positif dan berkorelasi dengan klosur negatif dari anomali regional, yang menunjukkan bahwa rembesan gas dikontrol oleh struktur. RTP dari anomali regional pada api abadi berkorelasi dengan anomali negatif hal ini terjadi karena batuan yang ada pada api abadi terkena suhu diatas temperatur Curie sehingga batuan tersebut mengalami demagnetisasi. Arah struktur pengontrol atau jalannya rembesan gas di Kayangan Api diduga dari rekahan dangkal. Rekahan dangkal ini membujur dari selatan barat daya menuju utara timur laut. Kedalaman rekahan pada titik semburan gas yaitu 18,82 meter.

Kata kunci: Anomali, CWT, Magnetik, Rekahan

IDENTIFICATION OF SUBSURFACE ANOMALY AT KAYANGAN API, DESA SENDANGHARJO, KEC. NGASEM, KAB. BOJONEGORO USING MAGNETIC METHOD

Nama : Shafitri Wulandhari
NRP : 1113 100 041
Departemen : Fisika, FMIPA – ITS
Pembimbing : Dr. Sungkono, M.Si

Abstract

Bojonegoro, East Java is one of the areas with abundant gas reserves. This is evidenced by the existence of a torrent of gas that appears above the surface on a tour of Kayangan Api. Gas blast appeared due to gas seeping to the surface of the Earth through the breach, so the required geophysical methods to identify the position and depth of the clefts anomalies. The identification is done using magnetic method and method of gas Seepage. CWT in Kayangan Api surrounded by klosur positive and negative klosur of correlated with regional anomalies, indicating that gas seepage is controlled by the structure. RTP from a regional anomaly in the eternal fire is correlated with negative anomalies this happens because the rocks on the eternal flame is exposed to temperatures above the Curie temperature so that the rock is experiencing demagnetisasi. The direction of the controller or the structure of the course of gas seepage in Kayangan Api allegedly from shallow fissures. This shallow fissures South stretching from the southwest towards the North-East. The depth of fissures on the torrent of gas i.e. 18.82 meters.

Keywords: *Anomalies, CWT, Magnetic, Fault.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahhirrabil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Departemen Fisika FMIPA ITS dengan judul:

Identifikasi Anomali Bawah Permukaan Daerah Kayangan Api, Desa Sendangharjo, Kec. Ngasem, Kab. Bojonegoro Menggunakan Metode Magnetik

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Sungkono, M.Si, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Keluarga tercinta, ayah (Suyoto), ibu (Murtina), adik (Amelia Dwi Cryptian) yang selalu memberikan rasa cinta dan support sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Teman-teman penelitian Kayangan Api Bojonegoro (M. Dwi Nurdiansyah, Fairus Salimatul Fajriah, Yulkifli Kiftoni) yang turut menemani saat hujan maupun panas saat pengambilan data Tugas Akhir ini.
4. Prof. Dr. rer. nat. Bagus Jaya Santosa, S.U dan Diky Anggoro Putra, M.Si selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan kritik sehingga banyak menambah wawasan dan meningkatkan kualitas tulisan ini.
5. Dr. Yono Hadi Pramono, M. Eng dan Dr. rer. nat Eko Minarto selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Departemen Fisika FMIPA ITS

6. Drs. Bachtera Indarto, M.Si selaku dosen wali yang selalu memberikan bimbingan dan pemantauan kepada penulis selama studi di Fisika FMIPA ITS.
7. Dikti yang telah memberikan Beasiswa Bidik Misi kepada penulis selama studi di Fisika FMIPA ITS
8. Uun'k, Oman, Husein, Adib, Arda, Dani, Getek, Mas Adi, Mas Fandi, yang dengan senang hati membantu penulis dan teman-teman penelitian Kayangan Api saat pengambilan data.
9. Kangerable tercinta (Fannisa Rahman, Deviana Ambarsari, Anggraeni Puspita Sari, dan Alfa Dinar Calista Putri) yang telah menemani pahit manis masa perkuliahan ini.
10. Calon Istri Sholeha (Ajeng, Wilda, Icha, Azizah, Fairus, Lia, Aer, Ira, Befie) yang senantiasa memberikan kebahagiaan selama perkuliahan ini.
11. Teman-teman Geofisika 2013 Qiqi, Ayum, Upaq, Meme, Dini, Yosi, Vidya, Rina, Azizah, Aer, Fairus, Artika, Lita, Getek, Dani, Uun'k, Husein, dan teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.
12. Teman-teman CWT (mbak rina, ayum, devi, qiqi, fairus) yang telah memberikan pencerahan dan waktunya selama penyelesaian tugas akhir ini.
13. Penghuni Lab Geofisika, Kakak tingkat, serta adik tingkat yang telah memberikan tempat serta pengetahuan tentang geofisika.
14. Segenap teman-teman Fisika 2013 (Supernova) yang senantiasa memberikan waktu luang dikala stress melanda dan senantiasa memberikan dukungan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini, serta senantiasa membantu dalam proses belajar di ITS ini.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima

kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk perkembangan lebih lanjut.

Surabaya, 18 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Geologi Daerah Penelitian.....	5
2.2 Rembesan Gas	6
2.3 Metode Magnetik	7
2.4 Medan Magnet Bumi.....	9
2.4.1 Medan Utama (<i>The Main Field</i>)	10
2.4.2 Medan Magnetik Eksternal	12
2.4.3 Medan Magnet Anomali	12
2.5 Koreksi Data Magnetik.....	14

2.5.1 Koreksi Variasi Harian (Diurnal).....	15
2.5.2 Koreksi IGRF	15
2.6 Kontinuasi ke Atas.....	16
2.7 Reduksi ke Kutub (<i>Reduction to Pole</i>).....	18
2.8 <i>Continous Wavelet Transform</i>	20
2.9 Analisis Kedalaman Menggunakan CWT	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Peralatan	25
3.2 Langkah Kerja	25
1. Survey Lapangan.....	25
2. Pengukuran Data Lapangan	26
3. Pengolahan dan Koreksi Data	27
4. Reduksi Ke Kutub	28
5. <i>Continous Wavelet Transform</i> (CWT)	28
6. Interpretasi Kedalaman Anomali	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Anomali Medan Magnet Total.....	31
4.2 Pemisahan Anomali Lokal dan Regional.....	32
4.3 Reduksi ke Kutub Magnetik	34
4.4 Interpretasi Kualitatif.....	35
4.5 Analisis Sinyal menggunakan <i>Continous Wavelet Transform</i> (CWT)	36
4.6 Analisis Kedalaman dan Posisi menggunakan <i>Continous Wavelet Transform</i> (CWT)	39
4.8 Interpretasi Kedalaman dan Posisi Menggunakan CWT.....	42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	535
BIODATA PENULIS.....	753

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta geologi regional daerah Bojonegoro. Daerah penelitian ditandai dengan kotak berwarna merah.	5
Gambar 2.2 Pola garis-garis gaya magnetik yang dibentuk oleh kemagnetan bumi.	10
Gambar 2.3 Medan Utama dan komponen-komponennya (Telford,1990)	11
Gambar 2.4 Vektor yang menggambarkan medan anomali (H_A), medan utama (H_M) dan medan magnet total (H_T).	13
Gambar 2.5 Kontinuasi ke atas dari permukaan horisontal.....	17
Gambar 2.6 Anomali magnetik sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) direduksi ke kutub magnetik (Blakely, 1995).	19
Gambar 2.7 Poisson kernel family dalam ruang Fourier pada bagian real dan imajiner. Nilai V_1 hingga V_5 merupakan turunan vertikal sedangkan H_1 hingga H_5 merupakan turunan horisontal	22
Gambar 2.8 Singularitas ekstrem positif dan negatif	23
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	25
Gambar 3.2 Desain lintasan pengukuran.....	26
Gambar 4.1 Peta kontur anomali magnetik total yang telah terkoreksi variasi harian dan koreksi IGRF.	32
Gambar 4.2 Peta kontur anomali magnetik regional 200m.	33
Gambar 4.3 Peta anomali hasil reduksi ke kutub	35
Gambar 4.4 Lintasan A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', dan F-F' pada kontur anomali magnetik regional 200m.....	37
Gambar 4.5 Hasil analisa CWT pada sayatan A-A' dengan menggunakan <i>wavelet</i> horisontal turunan pertama (H_1). A) Ekstrema dari CWT <i>real</i> ; B) Ekstrema dari CWT imajiner; C) Anomali magnetik yang dianalisa.....	38
Gambar 4.6 A) <i>Phase</i> dan B) <i>Modulus</i> dari analisis CWT pada sayatan A-A' dengan menggunakan <i>wavelet</i> H_1 ..	39

Gambar 4.7 Tipe ekstrema dari koefisien <i>real</i> dan <i>imaginer</i> Dari <i>wavelet</i> H1.....	40
Gambar 4.8 Identifikasi posisi dan kedalaman anomali dengan <i>wavelet</i> H1 pada koefisien imajiner untuk sayatan A-A'	41
Gambar 4.9 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan A-A'	43
Gambar 4.10 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan B-B'	44
Gambar 4.11 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan C-C'	45
Gambar 4.12 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan D-D'	46
Gambar 4.13 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan E-E'	47
Gambar 4.14 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan F-F'	48
Gambar 4.15 Hasil overlay dengan kontur RTP dan kedalaman anomali yang di dapat pada proses CWT	49

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Komponen yang digunakan dalam analisa kedalaman (Mauri et al, 2011).....	41
Tabel 4.2 Hasil analisa kedalaman dan posisi.....	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur, merupakan salah satu daerah yang memiliki cadangan minyak bumi dan gas (hidrokarbon) yang melimpah. Hal ini dibuktikan dengan adanya semburan gas yang muncul ke permukaan tanah pada wisata Kayangan Api di desa Sendangharjo, Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro. Kompleks kayangan api merupakan fenomena geologi alam berupa keluarnya gas alam dari dalam tanah yang tersulut api sehingga terbakar yang tidak kunjung padam, walaupun saat hujan. Menurut Etiope *et al.* (2013) semburan gas yang muncul ke permukaan tanah terjadi karena adanya gas yang merembes ke permukaan tanah melalui rekahan. Untuk mengetahui mengenai rekahan pada daerah Kayangan Api perlu dilakukan survey geofisika yang bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan di daerah tersebut. Salah satu survey geofisika yang sering dilakukan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan adalah metode magnetik.

Metode magnetik merupakan metode geofisika pasif dimana dapat mengukur medan magnet bumi. Metode magnetik didasarkan pada perbedaan tingkat magnetisasi suatu batuan yang diinduksi oleh medan magnet bumi. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan sifat kemagnetan suatu material batuan di dalam bumi (suseptibilitas magnetik). Medan magnet bumi seringkali masih terpengaruh oleh anomali lokal dan anomali regional. Metode yang biasanya digunakan untuk memisahkan anomali lokal regional pada data magnetik adalah metode *Upward Continuation*. Kontinuasi ke atas juga salah satu metode yang sering digunakan sebagai filter yang berguna untuk menghilangkan *noise* akibat benda-benda dekat permukaan, dan juga dapat mengurangi efek dari sumber anomali dangkal. Namun, pada umumnya metode magnetik akan menghasilkan interpretasi kualitatif penampang dua dimensi saja. Sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan

untuk identifikasi kedalaman dari anomali yang dihasilkan oleh hasil interpretasi kualitatif.

Pada penelitian ini, digunakan metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT) untuk identifikasi kedalaman dari anomali (Mauri et al., 2011). CWT merupakan metode yang dapat melakukan dekomposisi gelombang sehingga menghasilkan analisa *multiscale*, memberikan informasi kedalaman, dan distribusi homogen sumber anomali tanpa asumsi sumber potensial sebelumnya (Mauri et al., 2011). Sehingga anomali semburan gas yang muncul ke permukaan tanah melalui rekahan dapat diketahui. Dari nilai kedalaman tersebut dapat diketahui arah rekahan yang menimbulkan keluarnya gas ke permukaan pada Kayangan Api.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana mengetahui anomali bawah permukaan daerah Kayangan Api?
2. Bagaimana mengetahui hasil reduksi ke kutub pada daerah Kayangan Api?
3. Bagaimana mengetahui persebaran rekahan sebagai jalan keluarnya gas ke permukaan pada daerah Kayangan Api?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui anomali bawah permukaan daerah Kayangan Api.
2. Mengetahui hasil reduksi ke kutub pada daerah Kayangan Api.
3. Mengetahui persebaran rekahan sebagai jalan keluarnya gas ke permukaan pada daerah Kayangan Api.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Pengambilan data dilakukan di sekitar daerah Kayangan Api desa Sendangrejo, kec. Ngasem, Kab Bojonegoro.

2. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Surfer*, *Magpick* dan *MATLAB R2010a*.
3. Interpretasi data kedalaman dan posisi anomali menggunakan metode CWT.
4. Hanya mengidentifikasi kedalaman anomali tanpa mengetahui jenis anomali.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya fenomena Kayangan Api Bojonegoro dari sisi geologi ataupun geofisika.
2. Mengetahui posisi dan kedalaman anomali yang ada di Kayangan Api.
3. Mengetahui penerapan *Continuous Wavelet Transform* (CWT) untuk identifikasi kedalaman anomali hasil pengukuran data Magnetik.
4. Mengetahui arah rekahan sebagai jalan keluarnya gas pada Kayangan Api Bojonegoro.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

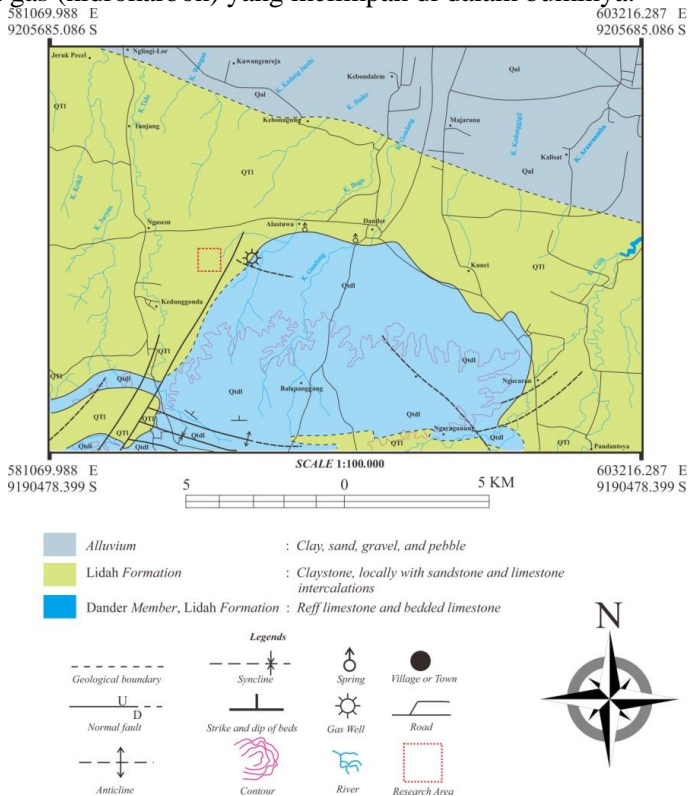
1. Bab I – Pendahuluan, berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan penelitian.
2. Bab II – Tinjauan Pustaka, berisi uraian mengenai teori yang mendukung penelitian.
3. Bab III – Metodologi Penelitian, berisi tempat penelitian, observasi data penelitian, alat yang digunakan dalam penelitian, serta uraian mengenai metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian.
4. Bab IV – Analisa Data dan Pembahasan, menjelaskan tentang hal-hal yang didapat selama penelitian, hal ini berkaitan dengan anomali bawah permukaan sekitar Kayangan Api.

5. Bab V– Penutup, berisi uraian mengenai kesimpulan dari hasil analisa data dan pembahasan serta saran-saran untuk mendukung hasil penelitian.
6. Lampiran, berisi data – data yang digunakan dalam penelitian beserta beberapa gambar yang menunjang penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Daerah Penelitian

Kabupaten Bojonegoro, terletak diprovinsi Jawa Timur. Bojonegoro mempunyai letak geografis $111^{\circ}25'-112^{\circ}09'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}59'-7^{\circ}37'$ Lintang Selatan. Kabupaten Bojonegoro ini adalah salah satu daerah yang dijumpai cadangan minyak bumi dan gas (hidrokarbon) yang melimpah di dalam buminya.



Gambar 2.1 Peta geologi regional daerah Bojonegoro. Daerah penelitian ditandai dengan kotak berwarna merah.

Gambar 2.1, merupakan gambar geologi daerah penelitian yang ditandai dengan kotak merah. Penelitian ini terletak pada kawasan wisata Kayangan Api di Desa Sendangharjo, Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro. Wisata Kayangan Api secara geografis terletak pada $7^{\circ} 25' \text{ LS}$ dan $111^{\circ} 79' \text{ BT}$.

Secara garis besar, stratigrafi daerah penelitian tersusun oleh Formasi Lidah, hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.1. Formasi lidah terdiri atas satuan batu lempung biru tua, masiv, tidak berlapis. Satuan ini dapat dipisahkan menjadi bagian atas, tengah, bawah. Pada bagian bawah Formasi Lidah merupakan batu lempung berwarna biru (Anggota Tambakromo). Bagian atasnya terdiri batu lempung dengan sisipan napal dan batu pasir kuarsa mengandung glaukonit (Anggota Turi). Umur formasi ini Pliosin Atas-Pliosin Bawah, diendapkan di lingkungan laut tertutup, dan berangsur-angsur menjadi semakin dangkal. Formasi Lidah ditutup secara tidak selaras oleh endapan alluvial dan endapan teras sungai.

2.2 Rembesan Gas

Hidrokarbon terbentuk dari batuan sumber atau batuan reservoir. Pada umumnya batuan sumber ini berupa lapisan serpih (*shale*) yang tebal dan mengandung material organik. Kadar material organik dalam batuan sedimen secara umum dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain lingkungan pengendapan dimana kehidupan organisme berkembang secara baik, sehingga material organik terkumpul, pengendapan sedimen yang berlangsung secara cepat, sehingga material organik tersebut tidak hilang oleh pembusukan dan atau teroksidasi. Batuan reservoir merupakan batuan berpori atau retak-retak, yang dapat menyimpan dan melewatkan fluida. Di alam batuan reservoir umumnya berupa batupasir atau batuan karbonat. Faktor-faktor yang menyangkut kemampuan batuan reservoir ini adalah tingkat porositas dan permeabilitas, yang sangat dipengaruhi oleh tekstur batuan sedimen yang secara langsung dipengaruhi sejarah sedimentasi dan lingkungan pengendapannya.

Mekanisme pergerakan hidrokarbon sendiri dibedakan pada dua hal, yaitu perpindahan dengan pertolongan air dan tanpa pertolongan air. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa migrasi hidrokarbon dipengaruhi oleh kemiringan lapisan secara regional. Waktu pembentukan minyak umumnya disebabkan oleh proses penimbunan dan 'heat flow' yang berasosiasi dengan tektonik Miosen Akhir. Migrasi adalah perpindahan hidrokarbon dari batuan sumber melewati rekahan dan pori-pori batuan waduk menuju tempat yang lebih tinggi. Beberapa jenis sumber penggerak perpindahan hidrokarbon ini diantaranya adalah kompaksi, tegangan permukaan, gaya pelampungan, tekanan hidrostatik, tekanan gas dan gradien hidrodinamik.

Faktor lain yang juga mempengaruhi adalah lingkungan pengendapan yang berada pada lingkungan reduksi, dimana sirkulasi air yang cepat menyebabkan tidak terdapatnya oksigen. Dengan demikian material organik akan terawetkan. Proses selanjutnya yang terjadi dalam batuan sumber ini adalah pematangan. Dari beberapa hipotesa diketahui bahwa pematangan hidrokarbon dipandang dari perbandingan hidrogen dan karbon yang akan meningkat sejalan dengan umur dan kedalaman batuan sumber itu sendiri.

2.3 Metode Magnetik

Metode magnetik adalah salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk mengukur variasi medan magnetik di permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda bermagnetisasi di bawah permukaan bumi. Variasi intensitas medan magnetik yang terukur kemudian ditafsirkan dalam bentuk distribusi bahan magnetik di bawah permukaan. Hal ini dijadikan sebagai survey pendahuluan pada eksplorasi minyak bumi, panas bumi, batuan mineral, serta dapat mendeteksi retakan.

Teori magnetik yang mendasari metode geomagnetik adalah konsep gaya magnetik. Gaya magnetik merupakan gaya yang timbul dari hubungan antara dua kutub magnetik pada jarak tertentu, dimana bila tiap kutub magnetik memiliki arah berbeda

maka akan terbentuk gaya yang saling menarik satu sama lain, sedangkan bila tiap kutub magnetik memiliki arah yang sama maka akan terbentuk gaya yang saling tolak-menolak satu sama lain. Hubungan antara gaya magnetik dan kutub magnetik dinyatakan dalam hukum Coulomb yang berbunyi bahwa gaya magnetik berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak antar dua kutub magnetik. Hukum tersebut dituliskan dalam Persamaan (2.1).

$$\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{r}_1 \quad (2.1)$$

Dengan F adalah gaya magnetik pada q_1 dan q_2 dalam satuan Newton, r adalah jarak antara kedua kutub dalam satuan meter, \vec{r}_1 adalah vektor satuan pada arah q_1 dan q_2 dan μ_0 adalah permeabilitas magnetik pada ruang hampa (Telford, 1990).

Benda magnet dapat dipandang sebagai sekumpulan dari sejumlah momen-momen magnetik. Bila benda magnetik tersebut diletakkan dalam medan luar, benda tersebut menjadi termagnetisasi karena induksi. Oleh karena itu, intensitas kemagnetan (I) adalah tingkat kemampuan menyearahnya momen-momen magnetik dalam medan magnet luar, atau didefinisikan sebagai momen magnet (M) persatuan volume (V):

$$I = \frac{M}{V} \quad (2.2)$$

Intensitas magnetik dalam suatu material tergantung pada medan magnet luar (H) dan suseptibilitas magnetik (k) batuan atau mineral tersebut. Harga k pada batuan semakin besar apabila dalam batuan tersebut semakin banyak dijumpai mineral-mineral yang bersifat magnetik.

Suseptibilitas magnetik atau k merupakan konstanta yang menunjukkan kemampuan suatu benda untuk termagnetisasi oleh medan magnet. Secara matematis, suseptibilitas magnet digambarkan dengan :

$$k = \frac{I}{H} \quad (2.3)$$

Nilai suseptibilitas magnetik dalam ruang hampa sama dengan nol karena hanya benda yang berwujud yang dapat termagnetisasi. Suseptibilitas magnetik bisa diartikan sebagai derajat kemagnetan suatu material.

Bila benda magnetik yang diletakkan dalam medan magnet luar H akan menghasilkan medan tersendiri H' yang meningkatkan nilai total medan magnetik bahan tersebut. Medan magnet yang terukur merupakan medan magnet induksi, yang didefinisikan sebagai medan total bahan yang besarnya adalah:

$$\vec{B} = \vec{H} + \vec{H}' \quad (2.4)$$

Medan sekunder H' dengan intensitas magnetisasinya adalah:

$$\vec{H}' = 4\mu\vec{I} \quad (2.5)$$

Sehingga diperoleh

$$\vec{B} = \vec{H} + 4\mu\vec{I} = (1 + 4\mu k)\vec{H} \quad (2.6)$$

Dengan $(1 + 4\mu k)$ disebut sebagai permeabilitas relatif dari suatu benda magnetik. Magnet totalnya tersebut disebut dengan induksi magnet \vec{B} dan dituliskan sebagai berikut:

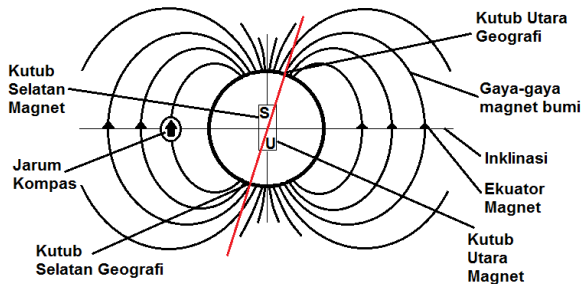
$$\vec{B} = \mu\vec{H} \quad (2.7)$$

Dengan H' merupakan kuat medan magnet, I merupakan intensitas magnet dan keduanya memiliki arah yang sama. Satuan B dalam *emu* adalah gauss, sedangkan dalam geofisika eksplorasi dipakai satuan gamma (γ), dengan $1 \gamma = 10^{-5}$ gauss = 1 nT.

2.4 Medan Magnet Bumi

Medan magnet bumi secara sederhana dapat digambarkan sebagai medan magnet yang ditimbulkan oleh batang magnet raksasa yang terletak di dalam inti bumi, namun tidak berhimpit dengan pusat bumi (Gambar 2.2). Medan itu dihasilkan oleh suatu *dipole* magnet yang terletak pada pusat bumi. Sumbu *dipole* ini bergeser sekitar 11° dari sumbu rotasi bumi, yang berarti kutub

utara geografis bumi tidak terletak pada tempat yang sama dengan kutub selatan magnetik bumi. Pengaruh kutub utara dan selatan magnet bumi dipisahkan oleh khatulistiwa magnet. Intensitas magnet akan maksimum di kutub dan minimum di khatulistiwa (Santoso, 2002).



Gambar 2.2 Pola garis-garis gaya magnetik yang dibentuk oleh kemagnetan bumi.

Medan magnet Bumi tersusun oleh tiga bagian berdasarkan sumbernya, yakni medan magnet utama, medan magnet luar, dan medan magnet anomaly (Telford dkk, 1990).

2.4.1 Medan Utama (*The Main Field*)

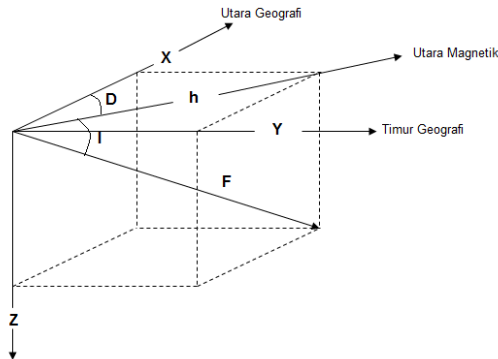
Medan magnet utama Bumi dihasilkan dari arus elektromagnetik yang berasal dari sirkulasi konveksi antara inti luar dengan inti dalam. Inti dalam Bumi diasumsikan sebagai besi dan nikel yang berbentuk padat dimana keduanya merupakan konduktor listrik yang baik, sedangkan pada inti luar besi bersifat lebih cair. Proses sirkulasi konveksi antara inti luar dan inti dalam ini akan menimbulkan aliran elektron yang menghasilkan medan magnet Bumi atau biasa dikenal sebagai geodinamo. Proses tersebut memberikan pengaruh sebesar 99% bagi sumber medan magnet utama Bumi. Medan magnet utama Bumi berubah-ubah nilainya terhadap waktu dan variasi perubahannya sangatlah kecil. Nilai tersebut diseragamkan kedalam standar nilai yang disebut

sebagai *International Geomagnetics Reference Field* (IGRF) dimana nilai tersebut diperbaharui setiap lima tahun sekali.

Menurut Nurdyanto *et al.* (2011), medan magnet bumi terkarakterisasi oleh parameter fisis disebut juga elemen atau komponen medan magnet bumi, yang dapat diukur yaitu meliputi arah dan intensitas kemagnetannya. Komponen-komponen tersebut mempunyai tiga arah utama yaitu komponen pada arah utara, komponen pada arah timur dan komponen pada arah vertikal ke bawah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Pada koordinat kartesian tiga komponen tersebut dinyatakan sebagai X, Y, dan Z. Elemen-elemen lain diantaranya adalah *deklinasi* (D) yaitu sudut antara utara magnetik dengan komponen horisontal yang dihitung dari utara menuju timur. Kemudian *inklinasi* (I), yaitu sudut antara medan magnetik total dengan bidang horisontal yang dihitung dari bidang horisontal menuju bidang vertikal ke bawah. Intensitas horisontal (h) merupakan besar dari medan magnetik total pada bidang horisontal. Hubungan masing-masing komponen dapat dilihat pada Persamaan (2.8) yang merupakan penjelasan dari Gambar 2.3

$$\begin{aligned}
 h &= T \cos I & Z &= T \sin I \\
 Y &= h \sin D & X &= h \cos D \\
 F^2 &= Z^2 + h^2 & F^2 &= Z^2 + X^2 + Y^2
 \end{aligned} \tag{2.8}$$



Gambar 2.3 Medan Utama dan komponen-komponennya (Telford,1990)

2.4.2 Medan Magnetik Eksternal

Adanya ionisasi di atmosfer yang ditimbulkan oleh sinar ultraviolet dari matahari dapat mempengaruhi medan magnetik luar. Karena sumber medan luar ini berhubungan dengan arus listrik yang mengalir dalam lapisan terionisasi di atmosfer hal ini mengakibatkan variasi waktu pada bagian ini lebih cepat daripada medan utama permanen. Beberapa efek dari medan magnet luar diantaranya adalah:

- a. Suatu siklus 11 tahunan yang berhubungan dengan aktifitas *sunspot* dan terdistribusi menurut garis lintang.
- b. Variasi harian dengan periode 24 jam dan rentang 30 nT yang bervariasi dengan *latitude* dan musim, dan kemungkinan dikontrol oleh gerak angin.
- c. Variasi harian dengan periode 25 jam dan amplitudo relatif kecil (± 2 nT) yang bervariasi tersiklus disepanjang bulan.
- d. Badai magnetik terjadi tidak dalam periode yang beraturan, sehingga medan magnet ini sering disebut sebagai gangguan yang bersifat transient. Besar medan magnet ini mencapai sekitar 1000 nT, sehingga untuj kegiatan eksplorasi badai magnetik menjadi penghalang yang harus dihindari.

Variasi waktu dan spasial dari medan utama bumi ini berpengaruh secara signifikan terhadap prospeksi magnetik kecuali untuk badai magnetik tertentu. Variasi harian dapat dikoreksi dengan menggunakan *base-station magnetometer* (Blakely, 1995).

2.4.3 Medan Magnet Anomali

Variasi medan magnetik yang terukur di permukaan merupakan target dari survey magnetik (anomali magnetik). Besarnya anomali magnetik berkisar ratusan sampai dengan ribuan nano-tesla, tetapi ada juga yang lebih besar dari 100.000 nT, yang berupa endapan magnetik. Secara garis besar anomali ini disebabkan oleh medan magnetik remanen dan medan magnet induksi. Medan magnet remanen mempunyai peranan yang besar pada magnetisasi batuan yaitu pada besar dan arah medan

magnetnya serta sangat rumit diamati karena berkaitan dengan peristiwa kemagnetan yang dialami sebelumnya. Sisa kemagnetan ini disebut dengan *Normal Residual Magnetism* yang merupakan akibat dari magnetisasi medan utama.

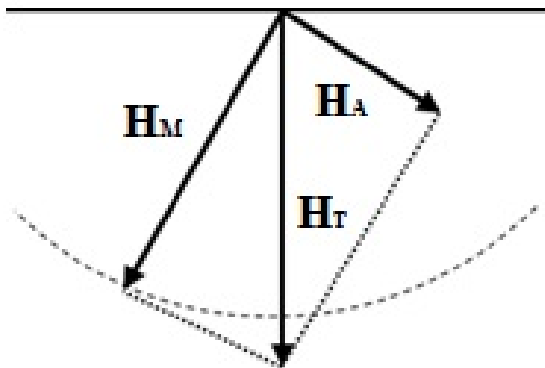
Anomali yang diperoleh dari survey merupakan hasil gabungan dari keduanya, bila arah medan magnet remanen sama dengan arah medan magnet induksi maka anomalnya bertambah besar, demikian pula sebaliknya. Dalam survey magnetik, efek medan remanen akan diabaikan apabila anomali medan magnet kurang dari 25% medan magnet utama bumi (Telford, 1990).

Adanya anomali magnetik menyebabkan perubahan dalam medan magnet total bumi dan dapat dituliskan sebagai:

$$H_T = H_M + H_A \quad (2.9)$$

Dimana H_T adalah medan magnet total bumi, H_M adalah medan magnet utama bumi, dan H_A adalah medan anomali magnetik. Bila besar $H_A \ll H_T$ dan arah H_A hampir sama dengan arah H_T , dengan demikian:

$$\Delta T = H_T + H_A \quad (2.10)$$



Gambar 2.4 Vektor yang menggambarkan medan anomali (H_A), medan utama (H_M) dan medan magnet total (H_T).

Pengukuran medan magnet di permukaan bumi merupakan resultan dari berbagai variabel. Oleh karena itu variasi medan magnet bumi dapat dibedakan dalam 4 hal:

1. Variasi yang relatif berjalan dengan lambat atau disebut sebagai variasi sekuler. Perubahan ini berkaitan dengan perubahan posisi kutub bumi secara perlahan (Gillibrand dalam Santoso, 2002)
2. Variasi medan magnet yang disebabkan oleh sifat fisis kemagnetan yang tidak homogen dari kerak bumi. Perubahan ini relatif memiliki nilai yang kecil. Penyebab dari variasi ini ialah kontras sifat kemagnetan (suseptibilitas) antara batuan di dalam kerak bumi (termasuk di dalamnya kemagnetan induksi dan kemagnetan remanent). Dalam batuan biasanya terkait dengan mineral yang bersifat magnetik.
3. Variasi dengan perubahan yang relatif cepat berkaitan dengan waktu (harian) dan bulanan disebut dengan variasi harian. Penyebab variasi ini ialah aktivitas matahari yang mempengaruhi keadaan atmosfer. Variasi ini bersifat periodik.
4. Variasi dengan perubahan relatif cepat dalam waktu yang relatif singkat dan sangat tidak teratur atau disebut juga dengan badai magnetik. Variasi ini berkaitan dengan aktivitas matahari yang dihubungkan dengan bintik matahari. Akibat tembakan partikel-partikel berenergi tinggi ke atmosfer bumi dari matahari menyebabkan fluktuasi sifat magnetik yang sangat tidak teratur (Blakely, 1995).

2.5 Koreksi Data Magnetik

Untuk memperoleh nilai anomali medan magnetik yang diinginkan, maka dilakukan koreksi terhadap data medan magnetik total hasil pengukuran pada setiap titik lokasi atau stasiun pengukuran. Terdapat 2 koreksi utama yang diterapkan pada data lapangan yaitu koreksi IGRF dan koreksi harian (*Diurnal Corection*). Koreksi IGRF digunakan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet dari dalam bumi yang

disebabkan oleh medan magnet utama (*Out Core*) serta medan magnet dari kerak bumi. Sementara koreksi harian berfungsi untuk menghilangkan pengaruh medan magnet yang berasal dari luar bumi seperti pengaruh atmosfer (ionosfer).

2.5.1 Koreksi Variasi Harian (Diurnal)

Koreksi harian atau variasi harian merupakan variasi medan magnet yang sebagian bersumber dari medan magnet luar yang berasal dari perputaran arus listrik dalam lapisan ionosfer. Ion-ion yang dihasilkan dari lapisan udara terionisasi oleh matahari sehingga menjadi ion-ion yang akan menjadi magnet ketika ada listrik di ionosfer (Rosid, 2009).

Koreksi harian dilakukan dengan perhitungan waktu pengukuran yang dilakukan disetiap titik serta dikurangi dengan waktu ketika pengukuran di *base station*. Persamaan yang digunakan untuk menghitung variasi harian tersebut sebagai berikut:

$$H = \frac{(t_n - t_{aw})}{(t_{ak} - t_{aw})} (H_{ak} - H_{aw}) \quad (2.11)$$

Dimana, H merupakan nilai intensitas medan magnetik total. t_n merupakan waktu pengukuran di titik tertentu sedangkan t_{aw} merupakan waktu pengukuran awal di *base station* dan t_{ak} merupakan waktu pengukuran akhir di *base station*. H_{aw} merupakan intensitas medan magnet awal sedangkan H_{ak} merupakan intensitas medan magnet akhir.

2.5.2 Koreksi IGRF

IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) merupakan medan acuan geomagnet internasional. Pada dasarnya nilai IGRF merupakan nilai kuat medan magnetik utama bumi (H_0). Koreksi ini diperlukan karena medan magnet bumi bervariasi secara alami sebagai salah satu pergerakan dari kutub ke khatulistiwa. Nilai IGRF termasuk nilai yang ikut terukur pada saat melakukan pengukuran medan magnetik dipermukaan bumi,

yang merupakan komponen paling besar dalam survey magnetik, sehingga perlu dilakukan koreksi untuk menghilangkannya. Koreksi nilai IGRF terhadap data medan magnetik hasil pengukuran dilakukan karena nilai yang menjadi target survey magnetik adalah anomali medan magnetik ($\Delta \vec{H}_{ro}$).

Data hasil pengukuran medan magnetik pada dasarnya adalah kontribusi dari tiga komponen dasar, yaitu medan magnetik utama bumi (H_0), medan magnetik luar (H) dan medan anomali (H_D). Nilai medan magnetik utama tidak lain adalah nilai IGRF. Jika nilai medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi harian (H_D), maka kontribusi medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi IGRF. Persamaan koreksi IGRF dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta H = H - H_0 - H_D \quad (2.12)$$

2.6 Kontinuasi ke Atas

Pada umumnya anomali medan magnet yang terukur pada topografi yang masih terletak pada ketinggian yang tidak teratur. Kemudian dilakukan pengangkatan (kontinuasi). Kontinuasi ke atas dilakukan dengan mentransformasi medan potensial yang diukur di permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan lainnya yang lebih jauh dari sumber. Kontinuasi ke atas juga salah satu metode yang sering digunakan sebagai filter yang berguna untuk menghilangkan *noise* akibat benda-benda dekat permukaan, dan juga dapat mengurangi efek dari sumber anomali dangkal.

Kontinuasi paling sederhana adalah untuk medan potensial yang terukur pada level *surface*. Dalam sistem koordinat Kartesian dengan arah z ke bawah, kita mengasumsikan bahwa medan potensial terukur pada level *surface* $z = z_0$ dan bahwa medan dikehendaki pada titik tunggal $P(x, y, z_0 - \Delta z)$ di atas level *surface*, dimana $\Delta z > 0$. Permukaan S tersusun baik oleh level *surface* maupun *hemisphere* yang mempunyai radius α (Gambar 2.5). Semua sumber terletak pada $z > z_0$. Untuk $\alpha \rightarrow \infty$ maka:

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{1}{4} \iiint_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial U(x', y', z_0)}{\partial z'} - U(x', y', z_0) \frac{\partial}{\partial z'} \frac{1}{r} \right] dx' dy' \quad (2.13)$$

dengan:

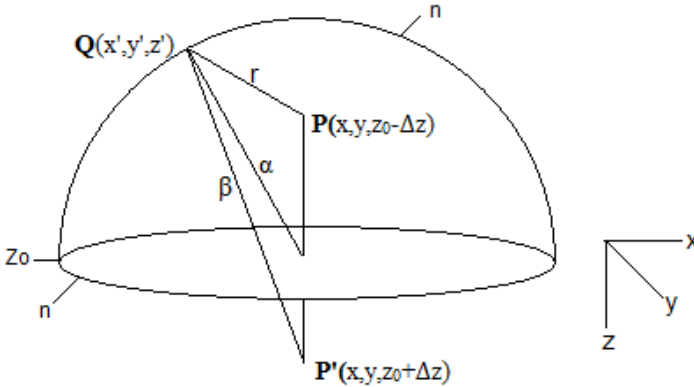
$$r = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z_0 - \Delta z - z')^2} \quad \text{dan } \Delta z > 0$$

Titik P' proyeksi dari P, titik integrasi Q pada permukaan S, serta r dan ρ masing-masing menyatakan jarak dari Q ke P dan Q ke P'. Persamaan (2.13) membutuhkan gradien vertikal U, maka diperlukan identitas kedua Green untuk mengeliminasi bagian turunan dalam tersebut. Jika V adalah fungsi harmonik R, maka identitas kedua Green menghasilkan:

$$\frac{1}{4\pi} \int_S \left[V \frac{\partial U}{\partial n} - U \frac{\partial V}{\partial n} \right] dS = 0 \quad (2.14)$$

dan dengan menambahkan identitas kedua Green menghasilkan:

$$U(P) = \frac{1}{4\pi} \int_S \left[\left[V + \frac{1}{r} \right] \frac{\partial U}{\partial n} - U \frac{\partial}{\partial n} \left[V + \frac{1}{r} \right] \right] dS \quad (2.15)$$



Gambar 2.5 Kontinuasi ke atas dari permukaan horisontal.

Untuk mengeliminasi bagian pertama, V harmonik diperlukan sehingga $V + (1/r) = 0$ pada setiap titik S . $P'(x, y, z_0 - \Delta z)$ merupakan pencerminan P , dan diberikan $v = -1/\rho$ dimana:

$$\rho = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z_0 - \Delta z - z')^2} \quad (2.16)$$

V memenuhi apabila $V + (1/r) = 0$ pada permukaan horisontal, $V + (1/r)$ akan menghilang pada *hemisphere* pada saat α menjadi besar, dan V selalu harmonik karena ρ tidak pernah hilang. Oleh karena itu Persamaan (2.15) menjadi:

$$U(P) = \frac{1}{4\pi} \int_s \left[\left[\frac{1}{r} + \frac{1}{\rho} \right] \frac{\partial U}{\partial n} - U \frac{\partial}{\partial n} \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\rho} \right] \right] dS \quad (2.17)$$

Jika *hemisphere* menjadi besar, maka bagian pertama akan menghilang pada setiap titik S , dan bagian kedua menghilang kecuali pada permukaan horisontal,

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{1}{4\pi} \iint_{-\infty}^{\infty} \int_s \left[U(x', y', z_0) \frac{\partial}{\partial z'} \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\rho} \right] \right] dx' dy' \quad (2.18)$$

Dengan membawa turunan dan mengeluarkan z' ke permukaan horisontal akan diperoleh:

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{4\pi} \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x', y', z_0)}{\left[((x - x')^2 + (y - y')^2 + \Delta z^2) \right]^{\frac{3}{2}}} dx' dy'$$

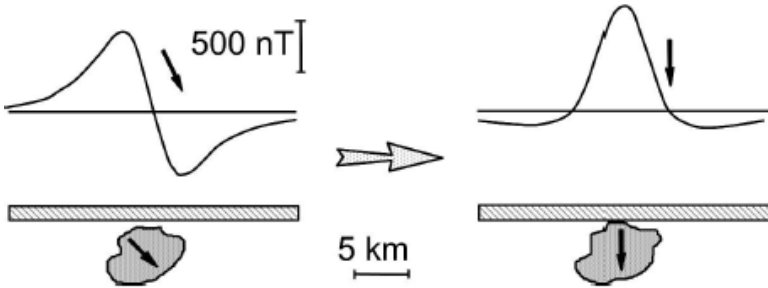
$$\Delta z > 0 \quad (2.19)$$

Persamaan (2.19) disebut integral kontinuitas ke atas, yang menunjukkan cara bagaimana menghitung nilai dari sebuah medan potensial pada sembarang titik di atas bidang horisontal suatu medan di permukaan.

2.7 Reduksi ke Kutub (*Reduction to Pole*)

Menurut Blakely (1995) proses reduksi ke kutub dilakukan untuk melokalisasi daerah-daerah anomali maksimum tepat berada di atas tubuh dari sumber anomali dan merubah inklinasi sesungguhnya dari daerah penelitian menjadi vertikal (Gambar

2.6). Secara umum bila magnetisasi dan medan magnetik lingkungan daerah penelitian tidak vertikal, distribusi magnetisasi menjadi tidak simetris.



Gambar 2.6 Anomali magnetik sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) direduksi ke kutub magnetik (Blakely, 1995).

Reduksi ke kutub dilakukan dengan cara membuat sudut inklinasi benda menjadi 90° dan inklinasi 0° . Karena pada kutub magnetik, medan magnet bumi dan induksi magnetisasinya berarah ke bawah. Dari data hasil reduksi ke kutub ini, sudah dapat dilakukan interpretasi secara kualitatif.

Kontinuitas medan potensial $U(x,y,z_0)$ terukur pada level subsurface ke permukaan tidak rata (*uneven surface*), yaitu $z(x,y)$ memberikan harga medan potensial pada titik (x,y,z) permukaan baru:

$$\begin{aligned}
 U(x,y,z) &= U(x,y,z_0) + (z-z_0) \frac{\partial}{\partial z} U(x,y,z_0) + \frac{(z-z_0)^2}{2} \frac{\partial^2}{\partial z^2} U(x,y,z_0) + \dots \\
 &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(z-z_0)^n}{n!} \frac{\partial^n}{\partial z^n} U(x,y,z_0)
 \end{aligned}
 \tag{2.20}$$

Secara empiris, konvergensi Persamaan (2.20) paling cepat jika z_0 ditempatkan pada pertengahan $z(x,y)$ (Blakely, 1995). Solusi persamaan tersebut membutuhkan turunan vertikal medan terukur, dan hal ini dapat diperoleh dengan menggunakan Fourier.

Transformasi Fourier turunan tegak ke-n medan potensial diberikan oleh:

$$F \left[\frac{\partial^n}{\partial z^n} U \right] = |k|^n F[U] \quad (2.21)$$

Dengan menggunakan Persamaan (2.21), variasi turunan tegak dari medan hasil observasi dapat ditemukan dan dapat digunakan dalam Persamaan (2.20) untuk memperoleh medan pada permukaan $z(x,y)$. Tiga suku pertama dari Persamaan (2.20) secara umum telah cukup mencapai hasil yang memuaskan.

Untuk kasus kontinuitas dari permukaan tidak rata (*uneven surface*) ke permukaan rata dapat diperoleh dengan pengaturan kembali Persamaan (2.20) menjadi:

$$U(x, y, z) = U(x, y, z_0) - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(z - z_0)^n}{n!} \frac{\partial^n}{\partial z^n} U(x, y, z_0) \quad (2.22)$$

Kuantitas yang dikehendaki $U(x,y,z_0)$ dapat diestimasi dengan aproksimasi berturut-turut, yaitu $U(x,y,z_0)$ yang diterapkan pada iterasi ke- i dapat digunakan untuk mendapatkan $U(x,y,z_0)$ pada iterasi ke $(i+1)$.

2.8 Continuous Wavelet Transform

Dalam analisis bidang potensial seperti potensial medan magnetik, *wavelet transform* dapat digunakan untuk mencari ciri homogenitas penyebab suatu sumber dalam 1D (Moreau et al., 1997). *Wavelet transform* tidak hanya mengidentifikasi sumber tunggal, tetapi juga dapat memberikan informasi lebih rinci dengan menggunakan multi sinyal dengan singularitas bebas (Mallat, 2009). *Wavelet transform* adalah sebuah metode yang dapat mengkarakterisasi dan mengidentifikasi lokasi suatu diskontinuitas atau perubahan yang signifikan dalam suatu analisa sinyal. Terdapat dua pendekatan utama untuk *wavelet transform* yaitu *continuous wavelet transform* (CWT) dan *discrete wavelet transform* (DWT).

CWT adalah konversi sinyal apapun dengan matriks yang terdiri dari beberapa produk skalar dalam bentuk transformasi Fourier, dengan hasil yang didapat menunjukkan sinyal yang dihasilkan sesuai atau presisi dengan analisa *wavelet* dapat terlihat pada Gambar 2.7.

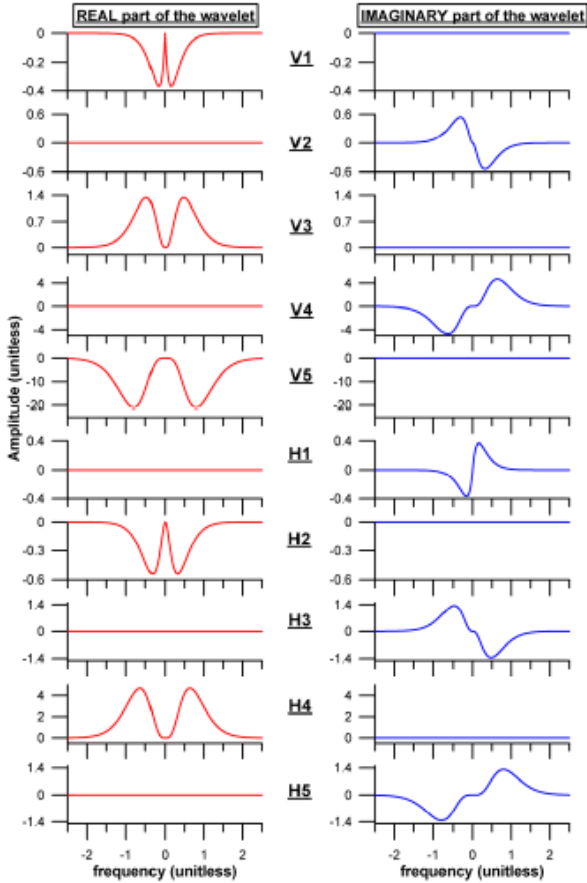
Sejak tahun 1980an, CWT memiliki peranan penting dalam analisa pengolahan sinyal. Pada akhir tahun 1990-an, pekerja *ground-breaking* meningkatkan pemahaman tentang respon sinyal dari sumber medan potensial (gravity, magnetik dan SP) dengan menciptakan perumusan *Poisson kernel family*, yang memungkinkan perhitungan kedalam sumber sinyal yang akan diukur (Moreau et al., 1997). Sedangkan analisa berdasarkan *traditional wavelet* (seperti Morlet, Mexican hat) menjadi lebih luas dalam ilmu pengetahuan dibandingkan dengan perumusan *Poisson kernel family* karena perumusan tersebut penggunaannya hanya terbatas pada data *geoscience* untuk data medan potensial (Grossmann and Morlet, 1984; Goupillaud et al., 1984; Tchamitchian, 1989). Namun, banyak penelitian yang telah menunjukkan pentingnya perumusan *Poisson kernel family* pada transformasi *wavelet* kontinyu yang nyata dan kompleks (Saracco, 2004).

CWT menyatakan penggunaan komputasi dan memanipulasi koefisien yang besar. CWT didefinisikan sebagai fungsi $f(x)$ yang menyatakan sebagai jumlah konvolusi dengan *wavelet* utama, sehingga dapat dituliskan (Moreau et al., 1997).

$$\begin{aligned}
 W_{\psi|f}(b,a) &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{a} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx \\
 &= (D_a \Psi * f)(b)
 \end{aligned}
 \tag{2.23}$$

Dengan ψ adalah *wavelet* yang digunakan untuk analisis atau *wavelet* utama, a adalah dilatasi, b adalah pelebaran dan D_a didefinisikan sebagai

$$D_a \psi(x) = \frac{1}{a} \psi\left(\frac{x}{a}\right) \quad (2.24)$$

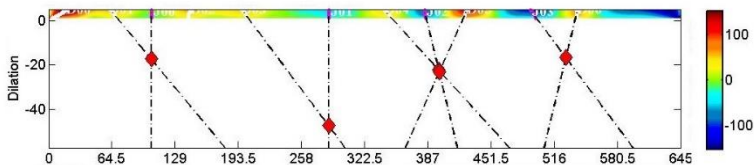


Gambar 2.7 Poisson kernel family dalam ruang Fourier pada bagian real dan imajiner. Nilai V1 hingga V5 merupakan turunan vertikal sedangkan H1 hingga H5 merupakan turunan horisontal

Persamaan ini menunjukkan bahwa kelompok khusus pada *wavelet* diperoleh ketika turunan dan pelebaran diterapkan dalam *kernel Poisson family* yang menjadi dasar pengolahan data magnetik selanjutnya. Metode CWT berlaku untuk magnetisasi vertical dengan ketebalan lapisan. CWT berguna untuk menguji efek dari benda lain yang mempengaruhi data magnetik pada kedalaman dangkal.

2.9 Analisis Kedalaman Menggunakan CWT

Analisa ini menggunakan hasil dari pengolahan data dengan menggunakan CWT, kemudian diterapkan pada sistem perlapisan bawah permukaan lokasi survey. Beberapa sumber dapat ditentukan sebagai suatu singularitas, yang mana didefinisikan oleh dua atau lebih garis ekstrema (garis ekstrema negatif dan positif) ditunjukkan pada Gambar 2.8. Garis-garis tersebut berkumpul pada $z < 0$ membentuk kerucut singularitas. Titik kumpul garis-garis ekstrema ini dapat memperkirakan adanya suatu sumber potensial bawah permukaan. Adanya garis yang megerucut atau mengumpul pada satu titik pada bidang medan anomali adalah kondisi yang dicari untuk memperkirakan kedalaman dan parameter lain dari sumber potensi. Komponen vertikal dan horisontal medan magnet disebut dengan kemungkinan terjadinya dipolar vertikal dan horisontal (Saracco et al., 2007). Dua komponen ini dapat ditafsirkan sebagai bagian-bagian nyata dan khayalan dari suatu analisis potensial (Saracco et al., 2004).



Gambar 2.8 Singularitas ekstrem positif dan negatif

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

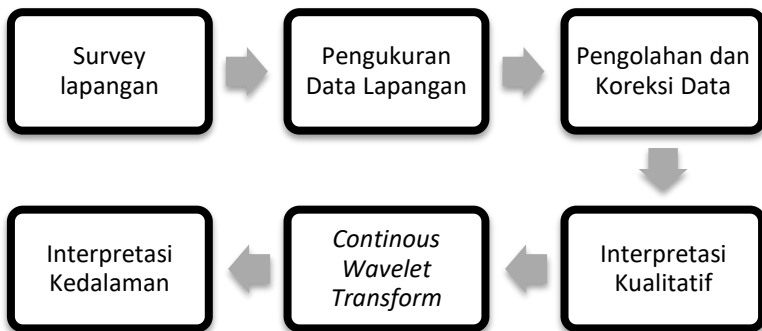
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam dalam akuisisi data magnetik ini adalah seperangkat Proton Magnetometer ENVI SCINTREX dengan ketelitian ± 1 gamma dengan sumber daya aki 12 Volt DC, kompas geologi yang berfungsi sebagai penentu arah utara bumi, serta GPS (*Global positioning System*) yang berfungsi sebagai penentu posisi titik pengambilan data.

3.2 Langkah Kerja

Langkah-langkah penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir sebagaimana pada Gambar 3.1. Gambar tersebut dapat dideskripsikan sebagaimana berikut:

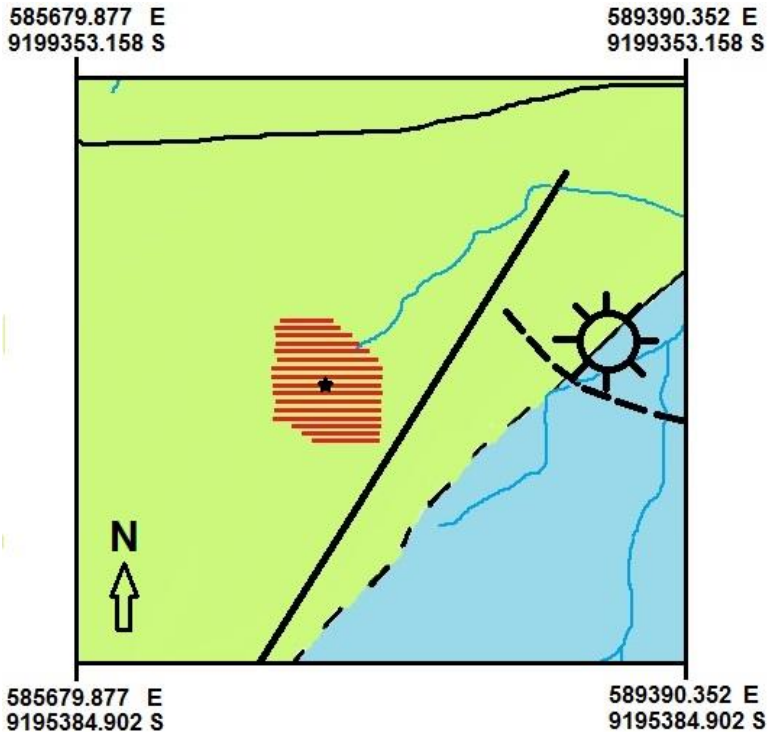


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

1. Survey Lapangan

Sebelum dilakukan pengambilan data, terlebih dahulu dilakukan survey lapangan untuk mengetahui kondisi lapangan tempat pengukuran, sehingga sebelum pengukuran dapat dilakukan pembuatan desain lintasan yang sesuai dengan kondisi

lapangan. Gambar 3.2 merupakan desain lintasan yang akan dilakukan pengukuran data lapangan menggunakan metode Magnetik.



Gambar 3.2 Desain lintasan pengukuran

2. Pengukuran Data Lapangan

Pengambilan data dilakukan secara *looping*, yaitu dengan memulai pengukuran di titik *base station* dan kemudian melakukan pengambilan data di titik-titik pengukuran serta diakhiri dengan pengambilan data di titik *base station*. Sebelum melakukan pengambilan data, magnetometer di setting sesuai dengan IGRF daerah pengambilan data dan menyesuaikan dengan

arah utara daerah penelitian dengan menggunakan kompas geologi.

Pengambilan data pada lapangan dengan spasi antara 2 titik pengamatan berturut-turut berjarak 5 meter dengan panjang lintasan 500 meter terhadap 16 lintasan. Penentuan titik pengukuran ditentukan dengan menggunakan GPS yang secara digital akan menunjukkan lintang dan bujur pada masing-masing titik pengukuran. Arah utara bumi dengan menggunakan kompas geologi. Data yang didapatkan dalam akuisisi magnetik ini adalah data medan magnet total.

3. Pengolahan dan Koreksi Data

Data medan magnet yang terukur pada magnetometer diambil secara berulang-ulang untuk memilih tingkat error paling kecil. Error paling kecil menunjukkan semakin sedikit terpengaruh oleh noise yang berada pada sekitar titik pengukuran.

Proses pengolahan data dimulai dengan melakukan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF untuk memperoleh nilai anomali medan magnetik. Koreksi dimaksudkan untuk menghilangkan pengaruh noise pada data penelitian. Data hasil pengukuran medan magnetik pada dasarnya adalah kontribusi dari tiga komponen dasar, yaitu medan magnetik utama bumi, medan magnetik luar dan anomali. Nilai medan magnetik utama merupakan nilai IGRF. Koreksi IGRF dapat dilakukan dengan cara mengurangkan nilai IGRF terhadap nilai medan magnetik total yang telah terkoreksi variasi harian pada setiap titik pengukuran. Data IGRF dapat diperoleh dari <https://ngdc.noaa.gov/geomag-web/?useFullSite=true#igrfwmm>.

Selanjutnya, data anomali medan magnetik tersebut dikonturkan menggunakan software *Surfer 11*. Pada peta kontur anomali medan magnetik, diproses *Upward Continuation* menggunakan Software Magpick. Kontinuasi ke atas dilakukan untuk menghasilkan anomali regional. Selanjutnya, anomali magnetik yang dikurangi anomali regional menghasilkan anomali lokal. Artinya, proses kontinuasi keatas dilakukan untuk

memisahkan anomali lokal dan anomali regional. Proses kontinuitas ke atas ini dilakukan dengan parameter ketinggian 50 m, 100 m, dan 200 m.

4. Reduksi Ke Kutub

Reduksi ke kutub merupakan proses untuk mengurangi kerumitan dalam interpretasi data yang disebabkan masih adanya pola anomali yang bersifat *dipole* akibat sudut inklinasi dan deklinasi magnetik di daerah penelitian. Proses ini bertujuan untuk mengubah kurva anomali magnetik yang semula bersifat dipole menjadi monopole, sehingga puncak dari kurva anomali berada tepat di atas sumber anomalnya. Proses ini dilakukan dengan Software Magpick dengan parameter masukan berupa sudut inklinasi dan deklinasi daerah penelitian, yakni sudut inklinasi dan deklinasi daerah penelitian secara berturut-turut yaitu -31.19500 dan 0,97470. Hasil dari reduksi ke kutub digunakan untuk interpretasi kualitatif.

5. *Continuous Wavelet Transform (CWT)*

Pada proses ini, *software* yang digunakan adalah Matlab R2010a. Perintah yang digunakan adalah perintah MWT (Mauri et al. 2011) yang dikembangkan oleh Mauri (2011). Perintah MWT berfungsi untuk menghitung nilai kedalaman, koefisien struktur, dan bentuk informasi yang terkait dengan sumber. Perintah MWTmat ini didasarkan pada CWT (*Continuous Wavelet Transform*) yang diterapkan pada data SP, gravitasi, magnetik melalui transformasi *wavelet* PKF (*Poisson Kernel Family*).

Perintah MWT dipisahkan menjadi dua bagian. Pertama, MWTmatanalyse.m yang menghasilkan transformasi *wavelet*, dan identifikasi *extrema*. Kedua, MWTmatdepth.m untuk menghasilkan regresi linear, perhitungan kedalaman anomali, posisi anomali dan perhitungan koefisien struktur.

Data yang digunakan dalam proses MWT ialah data sayatan anomali magnetik. Terdapat enam sayatan yang digunakan dalam pengolahan ini, hal ini dapat diartikan bahwa akan ada 6 kali

proses MWT yang akan dilakukan. File excel yang akan di baca oleh perintah MWT ini berisi data jarak, topografi meter dan nilai medan magnetik.

Terdapat 10 *wavelet* yang berbeda-beda dari PKF yang dapat digunakan dalam proses MWT, yaitu 5 turunan *wavelet* horisontal dan 5 turunan *wavelet* vertikal. Setelah memilih *wavelet* yang akan digunakan, perlu memasukkan nilai minimum dan maksimum dilatasi. Nilai minimum dilatasi yang digunakan adalah 1, sedangkan nilai maksimum yang digunakan akan berbeda-beda sesuai dengan jumlah data yang digunakan.

Hasil dari proses MWT ialah extrema CWT *real*, *imaginer*, *phase* dan modulus. Pada bagian ini juga diperoleh dua file keluaran yaitu, koefisien *wavelet* yang ditulis dalam bentuk file data (.dat), file parameter (.txt) dengan jeda baris dan pembatas ruang, dan ekstraksi ekstrema.

Analisis kedalaman dilakukan dengan menggunakan perintah MWTmatdepth.m. MWTmatdepth.m terpisah dalam tiga bagian. Pertama, untuk melakukan regresi linear dari kedua extrema yang dipilih. Kedua, perhitungan kedalaman anomali yang dilakukan melalui ekstrapolasi. Ketiga koefisien dari struktur anomali. Perintah MWTmatdepth.m memerlukan empat input file, yaitu file koefisien *wavelet* (.dat), file parameter (.txt), file extrema (.csv), dan file data sayatan (.xls).

Kemudian, perhitungan kedalaman anomali dengan memilih ekstrem positif dan negatif yang berdekatan. Kedua extrema ini akan bertemu pada satu titik perpotongan. Titik perpotongan ini menunjukkan kedalaman dan posisi sumber anomali.

Perhitungan kedalaman dan posisi anomali untuk setiap *wavelet* dilakukan secara sendiri-sendiri. Perhitungan untuk *wavelet* horisontal 1 menggunakan koefisien *real*, sedangkan *wavelet* vertikal 1 menggunakan koefisien imajiner (untuk lebih jelasnya dapat dibaca di Mauri (2011)). Hasil dari perintah MWTmatdepth.m meliputi semua perhitungan kedalaman dengan informasi yang telah masing-masing pilihan extrema dan file orientasi (.txt). File orientasi berisi orientasi fase sumber mentah

dan yang dikoreksi (.csv). Gambar koefisien dengan gambar kedalaman dan gambar koefisien struktur yang ditampilkan dan dapat di simpan.

6. Interpretasi Kedalaman Anomali

Interpretasi kedalaman dan posisi anomali, diproses dengan menggunakan tipe *wavelet* yang berbeda (H1, H2, H3, H4, H5, V1, V2, V3, V4, V5). Anomali magnetik pada proses CWT dapat diidentifikasi kedalaman dan posisinya dengan menggunakan minimal 4 *wavelet* atau lebih (*wavelet* hasil turunan horisontal maupun vertikal), yang diperkirakan dapat mengidentifikasi satu anomali yang sama. Untuk mengidentifikasi kedalaman dengan *wavelet* H1 menggunakan koefisien *wavelet* imajiner, sedangkan untuk H2 menggunakan koefisien *wavelet* *real*.

Pada pengolahan ini, didapatkan titik kedalaman dan posisi anomali yang berbeda-beda pada setiap *wavelet*. Oleh karena itu dilakukan perhitungan ketidakpastian (*interquartile*) yang berfungsi untuk mengetahui nilai ketidakpastian dari letak kedalaman dan posisi sebuah anomali. Selain itu, juga dilakukan perhitungan posisi dan kedalaman anomali terbaik melalui median dari hasil semua *wavelet*.

Setelah didapatkan titik tengah dari sumber anomali kemudian dilakukan interpretasi pada titik tersebut. Titik tersebut kemudian di overlay pada peta kontur RTP sehingga dapat diketahui arah rembesan gas Kayangan Api.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

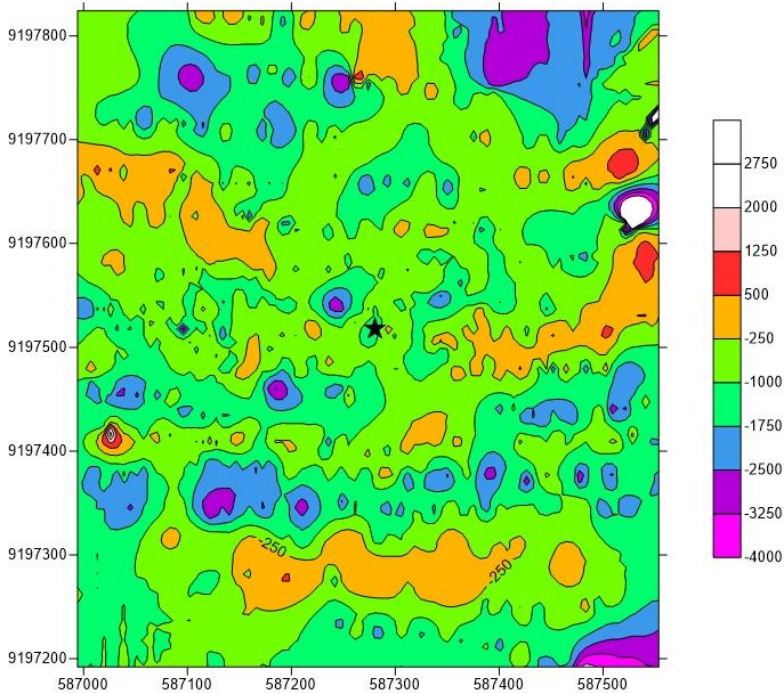
Proses analisa data magnetik untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan di sekitar kayangan api desa Sendangrejo, kec. Ngasem, Kab Bojonegoro, diawali dengan pengolahan data lapangan. Data lapangan tersebut didapatkan dari pengukuran magnetik total, waktu, dan koordinat pengukuran data magnetik. Data pengukuran masih terdapat pengaruh medan magnet utama bumi dan luar bumi. Oleh karena itu, dibutuhkan beberapa koreksi pada data lapangan tersebut agar didapatkan nilai anomali magnetik yang sudah tidak dipengaruhi oleh medan magnetik utama bumi dan dari luar bumi.

4.1 Anomali Medan Magnet Total

Terdapat dua koreksi utama yang diterapkan pada data lapangan, yaitu koreksi variasi harian dan koreksi IGRF. Koreksi variasi harian berfungsi untuk menghilangkan pengaruh penyimpangan intensitas medan magnet bumi yang disebabkan oleh adanya waktu pengukuran dan efek sinar matahari. Sedangkan, koreksi IGRF dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet utama bumi.

Hasil anomali medan magnet setelah terkoreksi dapat ditampilkan pada Gambar 4.1. Gambar ini menunjukkan bahwa nilai medan magnet terukur memiliki nilai tertinggi 2750 nT dan nilai terendah -4000 nT. Simbol bintang pada Gambar 4.1 merupakan titik semburan gas di daerah penelitian.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada titik semburan gas (simbol bintang) terletak pada anomali magnetik negatif. Sedangkan anomali positif jarang dijumpai. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh efek anomali regional yang mendominasi kontur tersebut.

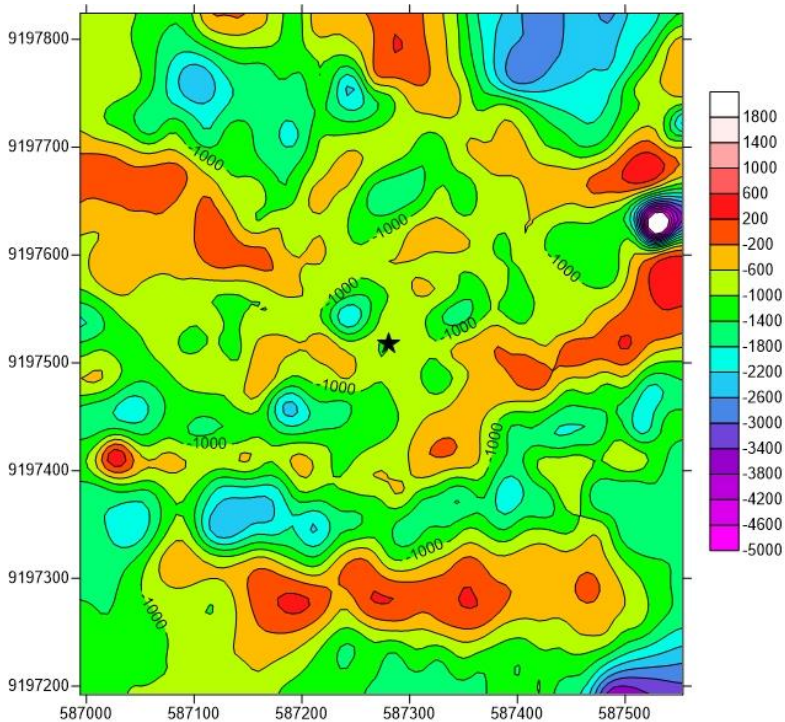


Gambar 4.1 Peta kontur anomali magnetik total yang telah terkoreksi variasi harian dan koreksi IGRF.

4.2 Pemisahan Anomali Lokal dan Regional

Sebagaimana yang telah diuraikan dalam sub-bab sebelumnya. Anomali magnetik terkoreksi di kontrol oleh anomali regional. Oleh karena itu, perlu adanya suatu proses untuk memisahkan anomali lokal dan regional.

Metode yang biasanya digunakan untuk memisahkan anomali lokal dan regional pada data magnetik adalah metode kontinuitas ke atas atau *low pass filter*. Anomali lokal mencerminkan medan magnet yang terletak di dekat permukaan, sedangkan anomali regional merupakan hasil dari medan magnet bawah permukaan yang lebih dalam dibandingkan anomali lokal.



Gambar 4.2 Peta kontur anomali magnetik regional 200m.

Pada penelitian ini, kontinuitas ke atas dilakukan terhadap variasi ketinggian yang berbeda, yaitu: 50m, 100m, dan 200m. Penentuan nilai ketinggian dilakukan sesuai dengan asumsi yang diperlukan dan tergantung tujuan dari efek yang ingin dihilangkan. Besar nilai ketinggian yang digunakan untuk mengangkat bidang pengamat tidak boleh terlalu tinggi, karena dapat mengakibatkan hilangnya informasi pada daerah tersebut. Semakin tinggi nilai pengangkatan ke atas yang diberikan, kontur yang dihasilkan merupakan anomali yang mempresentasikan anomali dalam. Hasil dari proses kontinuitas ke atas menghasilkan kontur anomali yang lebih terbuka, dimana fitur-fitur anomali

dangkal dan kontur anomali yang rapat menghilang ketika dilakukan proses pengangkatan ke atas.

Gambar 4.2 merupakan peta kontur anomali regional hasil proses kontinuitas ke atas pada ketinggian 200 m. Peta kontur kontinuitas 200m dipilih karena sudah dianggap cukup memperlihatkan keberadaan anomali magnetik regional.

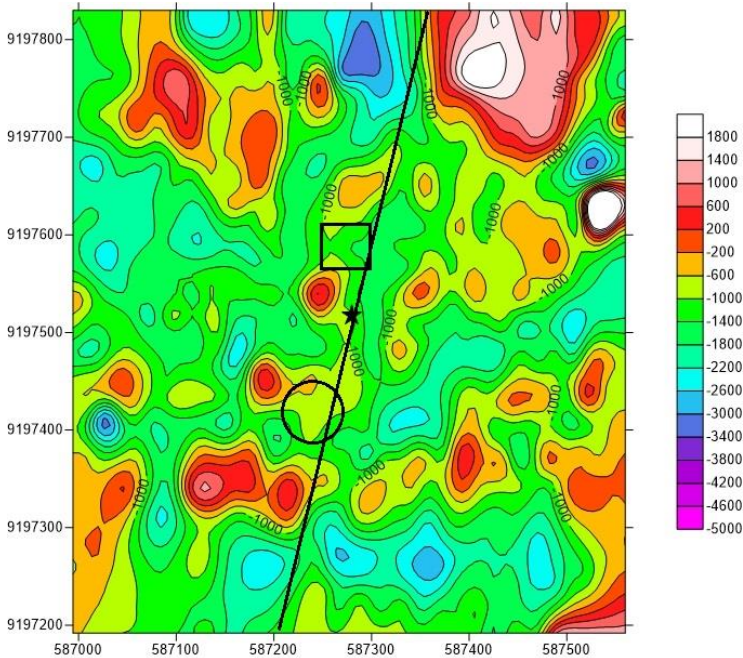
4.3 Reduksi ke Kutub Magnetik

Proses reduksi ke kutub dengan tujuan untuk melokalisasi anomali magnetik pada daerah penelitian dengan anomali maksimum atau minimum tepat berada di atas tubuh benda penyebab anomali. Proses reduksi ke kutub ini dilakukan dengan mengubah arah magnetisasi dan medan utama dalam arah vertikal. Reduksi ini dilakukan dengan menggunakan *Software* Magpick sehingga diperoleh peta kontur anomali magnetik tereduksi ke kutub.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa, hasil reduksi ke kutub dari anomali regional terdapat fitur anomali magnetik tinggi yang terdapat di dekat titik semburan gas dengan rentang nilai 17.1519 nT sampai dengan 516.127 nT, sedangkan pada titik semburan gas itu sendiri (simbol bintang) memiliki nilai anomali magnetik yang relatif kecil hal ini menggambarkan bahwa material penyusun yang ada di bawah permukaan memang memiliki suseptibilitas yang rendah. Anomali rendah merupakan batuan yang berubah akibat adanya reaksi antara fluida panas dari magma intrusi dengan batuan sekitarnya. Ketika suatu batuan terkena suhu diatas temperatur Curie maka batuan tersebut akan mengalami perubahan sifat kemagnetannya karena nilai suseptibilitas berbanding lurus dengan nilai intensitas medan magnet yang dihasilkan. Dalam analisa ini perubahan sifat kemagnetan batuan terlihat di daerah titik semburan gas.

Nilai anomali negatif biasanya terjadi karena turunnya lapisan yang lebih magnetik sehingga pembacaan nilai anomali magnetik semakin melemah dimana bagian atas diisi oleh lapisan yang kurang magnetik dibandingkan dengan lapisan yang ada di

bawahnya. Oleh karena itu pembacaan nilai anomali magnetik menjadi semakin negatif karena pembacaan rata-ratanya lebih di dominasi oleh lapisan yang memiliki suseptibilitas kecil.



Gambar 4.3 Peta anomali hasil reduksi ke kutub

4.4 Interpretasi Kualitatif

Interpretasi secara kualitatif ini dilakukan dengan menganalisa kontur anomali medan magnetik regional. Dari kontur tersebut medan magnetik regional menunjukkan adanya nilai klosur positif dan negatif yang menunjukkan adanya suatu anomali. Simbol bintang pada Gambar 4.3 merupakan lokasi titik semburan gas di Kayangan Api. Lokasi titik semburan gas ini berkorelasi dengan klosur negatif dan dikelilingi oleh klosur

positif pada anomali regional. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya struktur yang mengontrol posisi erupsi gas.

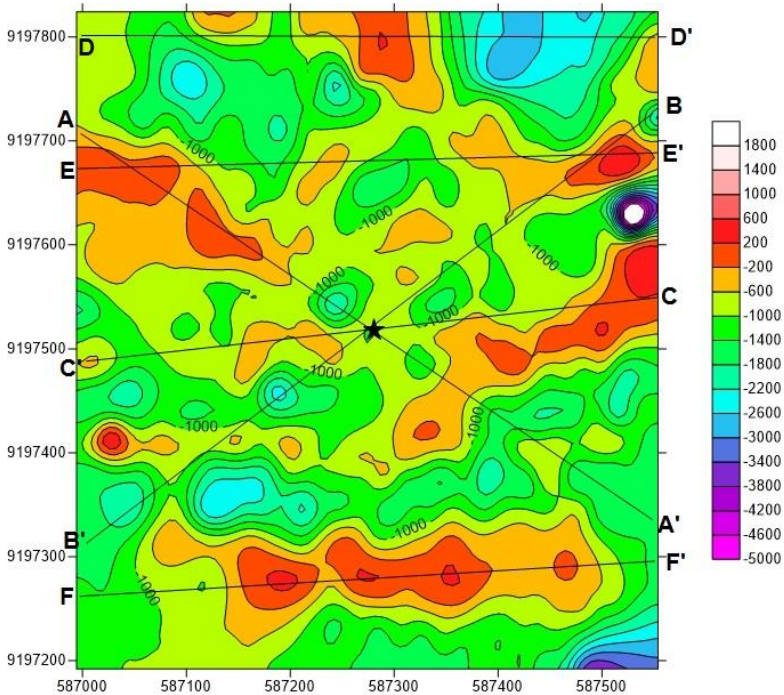
Jika dilihat dari peta kontur hasil reduksi ke kutub. Semburan gas di Kayangan Api diduga dikontrol oleh rekahan. Jika dilihat pada peta kontur hasil reduksi ke kutub (Gambar 4.3) rekahan ini membujur dari selatan barat daya menuju utara timur laut. Hal ini dapat dilihat dari struktur pengontrol bawah permukaan yang ada di daerah tersebut, sehingga menghasilkan zona lemah yang mudah di tembus oleh tekanan hidrotermal dari dalam. Struktur pengontrol ini dapat dilihat pada lingkaran dan kotak pada Gambar 4.3. Hal ini didukung dengan peta geologi pada Gambar 2.1, yang mana kurang lebih 10 km dari lokasi munculnya gas terdapat rekahan yang melintang dari selatan barat daya menuju utara timur laut. Diduga arah rekahan tersebut mengalami kemenerusan sampai pada daerah kayangan api. Sehingga menimbulkan fenomena alam keluarnya gas di permukaan pada daerah kayangan api tersebut.

4.5 Analisis Sinyal menggunakan *Continous Wavelet Transform* (CWT)

Data yang digunakan untuk penentuan posisi dan kedalaman anomali magnetik menggunakan CWT adalah data magnetik regional. Pada peta kontur anomali magnetik regional tersebut dilakukan penyayatan sebanyak 6 kali dengan 3 sayatan memotong titik semburan gas, dan 3 sayatan yang lain berada di sekitarnya. 6 sayatan tersebut diantaranya yaitu sayatan A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', dan F-F' (Gambar 4.4). Untuk metode magnetik, bentuk sayatan anomali harus mengandung nilai negatif dan positif atau biasa disebut dengan dipole magnetik.

Sebagai metode analisis sinyal, CWT didasarkan pada struktur analisis *wavelet*. Pengolahan data dimulai dengan menentukan tipe *wavelet* yang akan digunakan. Terdapat 10 tipe *wavelet* yang berbeda, yakni lima tipe *wavelet* hasil turunan horisontal dan lima tipe *wavelet* turunan vertikal. Hasil dari CWT

ini berupa koefisien matrik yang dapat digambarkan dan diidentifikasi ekstrema lokalnya.



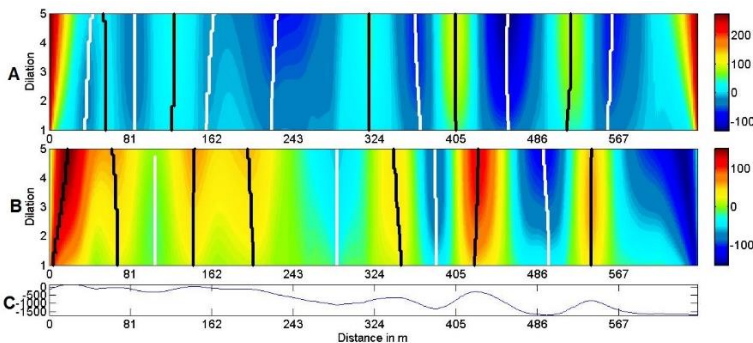
Gambar 4.4 Lintasan A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', dan F-F' pada kontur anomali magnetik regional 200m.

Ekstrema adalah garis yang terbuat dari koefisien *wavelet* yang memiliki nilai koefisien tertinggi atau terendah pada skala lokal. Gambar 4.5 terdapat beberapa pasang ekstrema. Beberapa ekstrema ini menggambarkan singularitas yang terkait dengan sumber yang menghasilkan sinyal. Sedangkan yang lainnya mewakili *noise* yang disebabkan pada data yang dianalisis. Dalam analisis sinyal, artefak ekstrema terdiri dari noise frekuensi tinggi, yang dideteksi oleh nilai dilasi rendah. Dalam matriks koefisien *wavelet*, sumbu dilasi dapat dilihat sebagai kebalikan dari sumbu

frekuensi. Dengan kata lain, dengan peningkatan dilasi, frekuensi dilasi *wavelet* menurun. Jadi dapat diasumsikan bahwa batas dilasi akan mewakili data yang dianalisis.

Garis ekstrema pada koefisien *real* dan imajiner menunjukkan koefisien CWT pada suatu area. Untuk garis ekstrema yang berwarna putih menunjukkan ekstrema negatif, sedangkan untuk garis ekstrema yang berwarna hitam menunjukkan ekstrema positif.

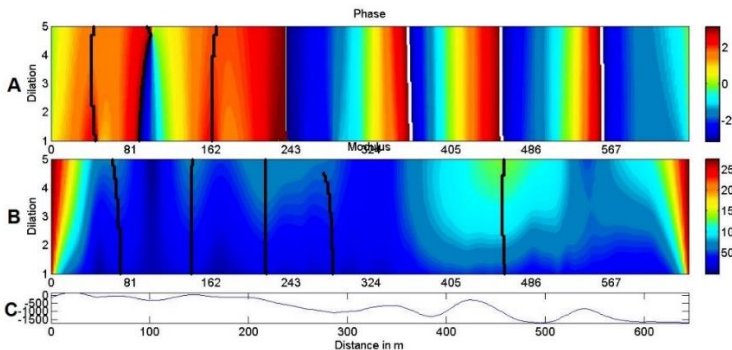
Gambar koefisien *real* (Gambar 4.5 A) dan koefisien imajiner (Gambar 4.5 B) dari CWT digunakan untuk menghitung sumber dan koefisien strukturnya dengan menggunakan ekstrem positif dan negatif. Gambar 4.5 C menunjukkan data magnetik yang di analisis.



Gambar 4.5 Hasil analisa CWT pada sayatan A-A' dengan menggunakan *wavelet* horisontal turunan pertama (H1). A) ekstrema dari CWT *real*; B) Ekstrema dari CWT imajiner; C) Anomali magnetik yang dianalisa.

Gambar koefisien fasa (Gambar 4.6 A) dan koefisien modulus (Gambar 4.6 B) dari CWT digunakan bersamaan dengan modulus esktrema untuk menghitung orientasi sudut (dip) dari sumber atau anomali. Gambar 4.6 B biasanya digunakan sebagai indikasi posisi. Gambar tersebut menunjukkan adanya 5 titik posisi

anomali. Hal ini menjadi dasar titik acuan untuk identifikasi posisi anomali.



Gambar 4.6 A) *Phase* dan B) *Modulus* dari analisis CWT pada sayatan A-A' dengan menggunakan *wavelet* H1

4.6 Analisis Kedalaman dan Posisi menggunakan *Continous Wavelet Transform* (CWT)

Analisis kedalaman menggunakan CWT dibagi menjadi 3 bagian. Bagian pertama, ekstrema dan pemrosesan regresi linear kedua ekstrema yang dipilih. Bagian kedua, estimasi perhitungan kedalaman dan posisi anomali melalui proses ekstrapolasi. Ketiga, koefisien struktur anomali. Gambar 4.7 A merupakan garis ekstrema positif yang ditandai dengan “B” dan garis ekstrem negatif yang ditandai dengan “E” dari koefisien *wavelet real*. Gambar 4.7 B merupakan garis ekstrem positif ditandai dengan “D” dan untuk garis ekstrem negatif ditandai dengan “J” untuk koefisien *wavelet* imajiner dari hasil CWT.

Untuk mengidentifikasi kedalaman dan posisi anomali, diproses dengan menggunakan tipe *wavelet* yang berbeda. Anomali magnetik pada proses CWT dapat diidentifikasi kedalaman dan posisinya dengan menggunakan minimal 4 *wavelet* atau lebih (*wavelet* hasil turunan horisontal maupun

vertikal), yang diperkirakan dapat mengidentifikasi satu anomali yang sama.

A

Strength_Real_

B00= 8

B01= 10

B02= 32

B03= 25

=====

E00= 9

E01= 33

E02= 15

E03= 45

E04= 42

OK

B

Strength_Imagi

D00= 52

D01= 45

D02= 33

D03= 32

D04= 7

D05= 52

D06= 30

=====

J00= 32

J01= 33

J02= 51

OK

Gambar 4.7 Tipe ekstrema dari koefisien *real* dan *imaginer* Dari *wavelet* H1.

Untuk mengidentifikasi kedalaman dengan *wavelet* H1 menggunakan koefisien *wavelet* imajiner, sedangkan untuk H2 menggunakan koefisien *wavelet* *real*. Untuk memperjelas koefisien *wavelet* yang digunakan pada setiap *wavelet* dipaparkan pada Tabel 4.1.

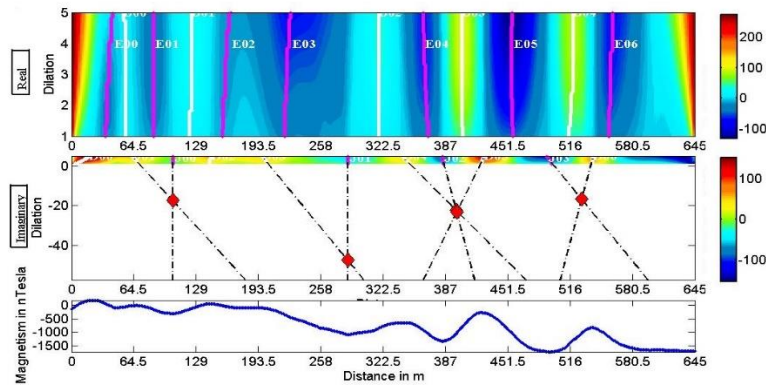
Pengolahan kedalaman dan posisi ini dilakukan untuk semua *wavelet* (H1, H2, H3, H4, H5, V1, V2, V3, V4, dan V5) dengan koefisien sebagaimana Tabel 4.1. Pada pengolahan ini, didapatkan titik kedalaman dan posisi anomali yang berbeda-beda pada setiap *wavelet*.

Oleh karena itu dilakukan perhitungan ketidakpastian (*interquartile*) yang berfungsi untuk mengetahui nilai

ketidakpastian dari letak kedalaman dan posisi sebuah anomali. Selain itu, juga dilakukan perhitungan posisi dan kedalaman anomali terbaik melalui median dari hasil semua *wavelet*. Hasil ini, sebagaimana Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Komponen yang digunakan dalam analisa kedalaman (Mauri et al, 2011).

Turunan	Orde	Wavelet	Komponen
Turunan			
Horizontal	1	H1	Imaginer
Horizontal	2	H2	Real
Horizontal	3	H3	Imaginer
Horizontal	4	H4	Real
Horizontal	5	H5	Imaginer
Vertikal	1	V1	Real
Vertikal	2	V2	Imaginer
Vertikal	3	V3	Real
Vertikal	4	V4	Imaginer
Vertikal	5	V5	Real



Gambar 4.8 Identifikasi posisi dan kedalaman anomali dengan *wavelet* H1 pada koefisien imajiner untuk sayatan A-A’

Tabel 4.2 Hasil analisa kedalaman dan posisi

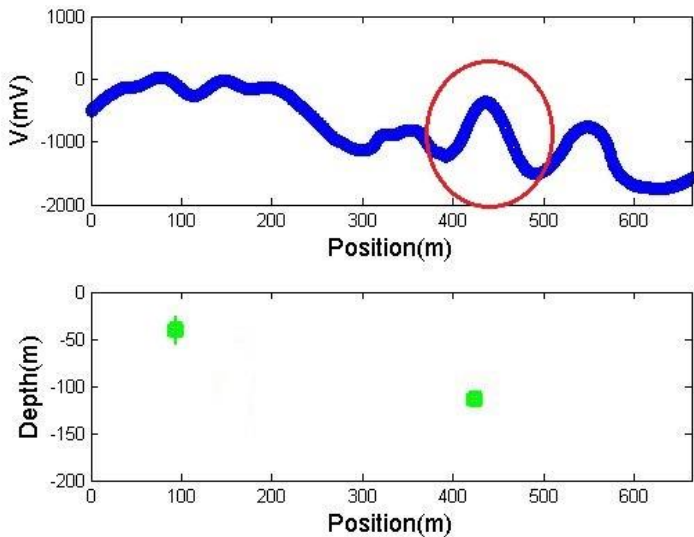
Slice	Ano mali	Kedalaman (m)	Posisi (m)	Wavelet
A-A'	1	-40.61 ± 14.62	94.51 ± 3.92	H3, H4, V2, V3
	2	-114.67 ± 6.43	423.94 ± 3.43	H1, H2, H3, H4, V1, V2, V3
B-B'	1	-88.64 ± 2.98	363.51 ± 4.77	H2, H3, H4, V2, V3
	2	-62.69 ± 6.50	613.50 ± 2.89	H1, H3, V1, V3
C-C'	1	-57.69 ± 15.14	166.24 ± 2.27	H1, H2, H3, H4, V1, V2, V3
	2	-18.82 ± 11.06	270.45 ± 4.37	H1, H2, H3, H4, V2, V3, V4
	3	-44.79 ± 7.25	338.26 ± 0.40	H3, H4, V3, V4
	4	-33.21 ± 22.15	494.67 ± 2.68	H2, H3, V1, V2, V3
D-D'	1	-25.87 ± 15.28	100.94 ± 1.09	H1, H2, H3, H4, V2, V3, V4
	2	-17.85 ± 7.40	283.20 ± 0.91	H3, H4, V2, V3
E-E'	1	-37.29 ± 1.32	99.67 ± 0.26	H1, H3, V1, V2
	2	-14.80 ± 5.72	259.11 ± 3.37	H3, H4, V2, V3
	3	-29.47 ± 0.68	322.91 ± 0.01	H2, H3, V1, V2
	4	-40.72 ± 0.79	427.52 ± 0.21	H3, H4, V2, V3
F-F'	1	-10.39 ± 2.35	134.27 ± 1.78	H3, H4, V3, V4
	2	-9.68 ± 5.84	227.22 ± 0.79	H3, H4, V2, V3, V4
	3	-32.61 ± 7.00	366.70 ± 2.20	H2, H3, V2, V3
	4	-9.46 ± 8.53	468.46 ± 1.16	H2, H3, H4, V2, V4

4.8 Interpretasi Kedalaman dan Posisi Menggunakan CWT

Setelah didapatkan kedalaman dan posisi anomali untuk masing-masing sayatan, dilakukan perhitungan median dan *interquartile* untuk mengetahui ketidakpastian pada setiap

anomali. Nilai median dan *interquartile* kemudian digambarkan menggunakan Matlab R2010a agar dapat mempermudah dalam interpretasi.

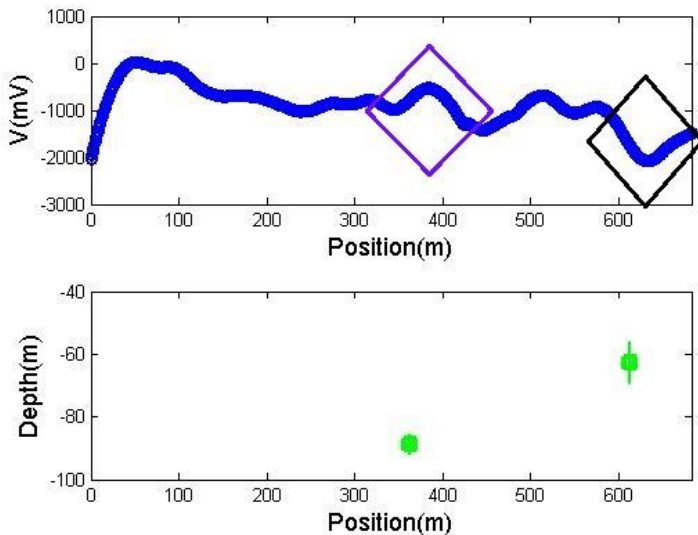
Gambar 4.9 merupakan kedalaman dan posisi hasil dari pengolahan data menggunakan CWT pada sayatan A-A' dengan menggunakan tipe *wavelet* yang berbeda-beda. Sayatan A-A' mengarah dari barat laut menuju tenggara dengan memotong anomali api abadi. Pada sayatan A-A' terdapat 2 anomali. Anomali pertama pada posisi 94,52 meter memiliki kedalaman anomali sebesar 40,61 meter dibawah permukaan dengan ketidakpastian sebesar 14,62.



Gambar 4.9 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan A-A'

Anomali kedua pada posisi 423,93 meter memiliki kedalaman anomali sebesar 114,66 meter dengan ketidakpastian 6,43. Diduga pada daerah tersebut merupakan daerah dengan anomali berupa rekahan dalam. Anomali magnetik biasanya memilih nilai positif

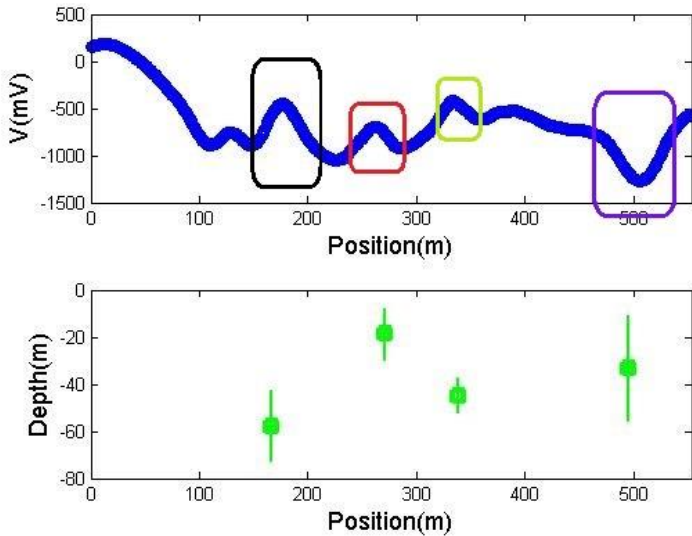
dan negatif. Hal ini dapat dibuktikan dengan analisa kedalaman dan posisi anomali menggunakan metode CWT. Anomali ini diduga merupakan rekahan karena letak anomalnya cukup dalam. Hal tersebut didukung dengan kurva medan magnetik dengan lingkaran merah yang mengindikasikan adanya perubahan struktur geologi bawah permukaan.



Gambar 4.10 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan B-B'

Gambar 4.10 merupakan hasil analisis posisi dan kedalaman menggunakan CWT pada sayatan B-B'. Sayatan B-B' mengarah dari timur laut menuju barat daya. Terdapat 2 titik anomali yang teridentifikasi pada sayatan B-B' ini. Titik anomali pertama pada posisi 363,51 meter mempunyai kedalaman anomali sebesar 88,64 meter dengan ketidakpastian 2,98. Anomali kedua terletak pada posisi 613,50 meter mempunyai kedalaman anomali sebesar 62,69 meter dengan ketidakpastian sebesar 6,50.

Gambar 4.11 merupakan hasil analisis posisi dan kedalaman menggunakan CWT pada sayatan C-C'. Sayatan C-C' mengarah dari timur ke barat. Sayatan C-C' menunjukkan 4 titik posisi dan kedalaman anomali magnetik.

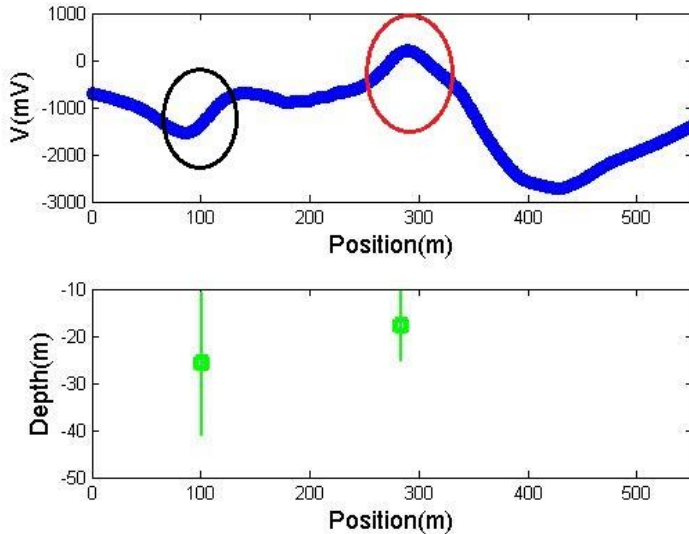


Gambar 4.11 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan C-C'

Anomali pertama dengan posisi 166,24 meter mempunyai kedalaman anomali sebesar 57,69 meter dengan ketidakpastian 15,69. Anomali kedua terletak pada posisi 270,46 meter dengan kedalaman anomali sebesar 18,82 meter dengan ketidakpastian sebesar 11,06. Anomali kedua ini merupakan anomali yang berada di dekat letak semburan gas. Dapat dilihat jika kedalamannya bernilai dangkal. Diduga pada daerah tersebut merupakan daerah dengan anomali berupa rekahan dangkal.

Anomali ketiga pada 338,26 meter mempunyai kedalaman anomali sebesar 44,79 meter dengan ketidakpastian 7,2467.

Anomali keempat pada 494,67 meter memiliki kedalaman anomali sebesar 33,21 meter dengan ketidakpastian 22,15.

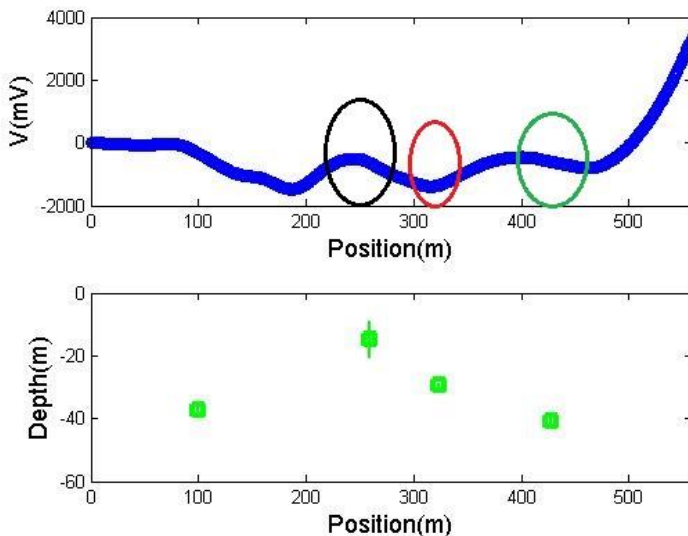


Gambar 4.12 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan D-D'

Gambar 4.12 merupakan hasil analisis posisi dan kedalaman menggunakan CWT pada sayatan D-D'. Sayatan D-D' mengarah dari barat ke timur. Sayatan D-D' ini terletak pada utara titik semburan gas. Terdapat 2 titik anomali yang teridentifikasi pada sayatan D-D' ini. Anomali pertama terletak pada 100,94 meter dari titik awal sayatan, mempunyai kedalaman anomali sebesar 25,87 meter dengan ketidakpastian 15,28. Anomali kedua terletak pada 283,20 meter dari titik awal sayatan, mempunyai kedalaman anomali sebesar 17,85 meter dengan ketidakpastian 7,40.

Gambar 4.13 merupakan hasil analisa posisi dan kedalaman menggunakan CWT pada sayatan E-E'. Sayatan E-E' mengarah dari barat ke timur. Terdapat 4 titik anomali yang teridentifikasi pada sayatan E-E'. Titik pertama terletak pada posisi 99.66 meter dari titik awal sayatan, pada kedalaman 37,26 meter dengan

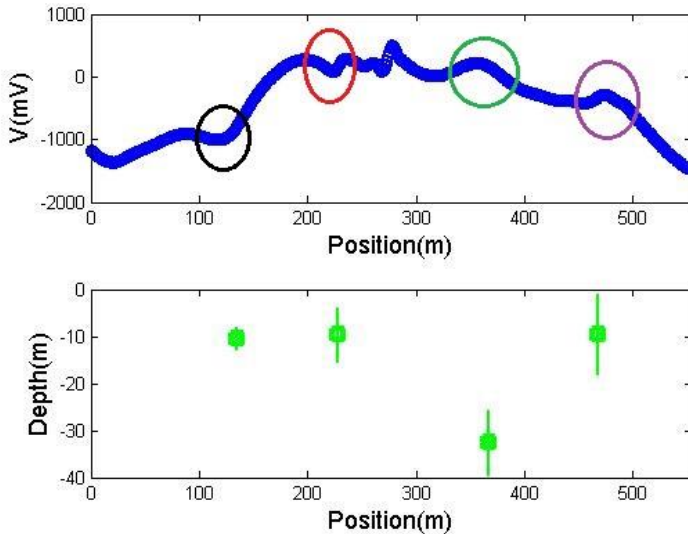
ketidakpastian sebesar 1,32. Titik kedua terletak pada 259,11 meter yang mempunyai kedalaman anomali sebesar 14,80 meter dengan ketidakpastian 5,72. Titik anomali ketiga terletak pada posisi 322,91 meter dengan kedalaman anomali 29,47 meter yang memiliki ketidakpastian 0,68. Titik anomali keempat terletak pada posisi 427,52 meter dengan kedalaman anomali yaitu 40,72 meter dan ketidakpastian sebesar 0,79.



Gambar 4.13 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan E-E'

Gambar 4.14 merupakan hasil analisa posisi dan kedalaman menggunakan CWT pada sayatan F-F'. Sayatan F-F' mengarah dari barat ke timur. Terdapat 4 titik anomali yang teridentifikasi pada sayatan F-F'. Titik anomali pertama terletak pada posisi 134,27 meter dari titik awal sayatan dengan kedalaman anomali 10,40 meter dibawah permukaan dengan ketidakpastian sebesar 2,35. Anomali kedua terletak pada posisi 227,22 meter dengan kedalaman anomali sebesar 9,68 meter dengan ketidakpastian

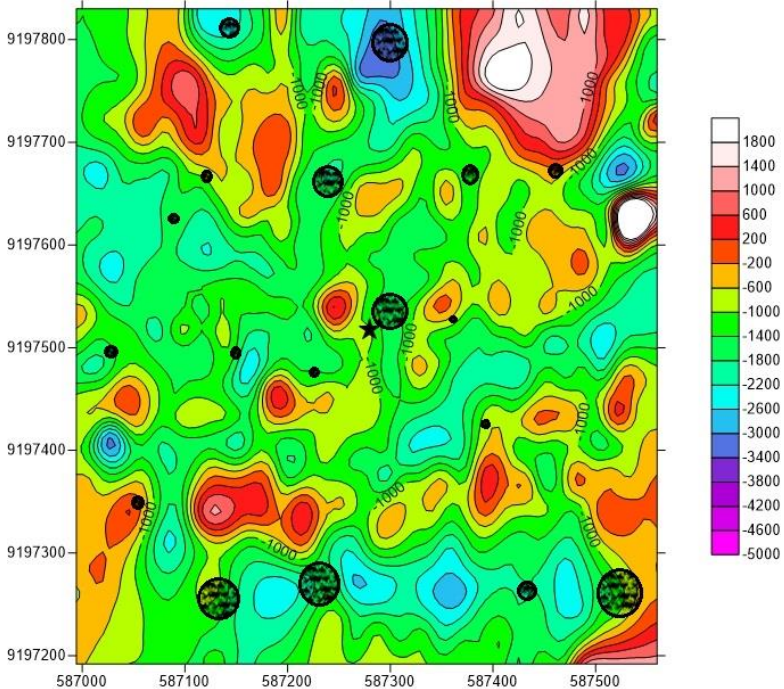
sebesar 5,85. Anomali ketiga terletak pada posisi 336,70 meter dengan kedalaman sekitar 32,61 meter dengan ketidakpastian 7.00. Titik anomali keempat terletak pada posisi 468,46 meter dengan kedalaman anomali 9,46 meter dibawah permukaan dengan ketidakpastian sebesar 8,53.



Gambar 4.14 Posisi dan kedalaman anomali pada sayatan F-F'

Selanjutnya, masing-masing anomali pada 6 sayatan tersebut di *overlay* dengan anomali hasil RTP, sebagaimana pada Gambar 4.15. Lingkaran besar menunjukkan kedalaman anomali dangkal, sedangkan lingkaran kecil menunjukkan kedalaman anomali dalam. Dari nilai kedalaman anomali yang didapatkan dari metode CWT, rekahan yang mengontrol jalan keluarnya gas Kayangan Api merupakan rekahan dangkal dan rekahan dalam. Rekahan dalam diduga sebagai rekahan utama yang menyebabkan rekahan dangkal terbentuk. Sehingga struktur pengontrol jalan keluarnya gas di Kayangan Api yaitu *flower fracture*.

Kedalaman rekahan utama sebagai jalan keluarnya gas di Kayangan Api yaitu 60-70 meter. Sedangkan rekahan dangkal yaitu 20-10 meter. Pada titik semburan gas kedalaman anomali yang terdeteksi yaitu 18.82 meter.



Gambar 4.15 Hasil overlay dengan kontur RTP dan kedalaman anomali yang di dapat pada proses CWT

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rembesan gas (api abadi) di Kayangan Api dikelilingi oleh klosur positif dan berkorelasi dengan klosur negatif dari anomali regional, yang menunjukkan bahwa rembesan gas dikontrol oleh struktur.
2. RTP dari anomali regional pada api abadi berkorelasi dengan anomali negatif hal ini terjadi karena batuan yang ada pada api abadi terkena suhu diatas temperatur Curie sehingga batuan tersebut mengalami demagnetisasi.
3. Arah struktur pengontrol atau jalannya rembesan gas di Kayangan Api diduga dari rekahan dangkal. Rekahan dangkal ini membujur dari selatan barat daya menuju utara timur laut. Dengan kedalaman rekahan pada titik semburan gas yaitu 18,82 meter.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut yaitu perlu dilakukan pemodelan bawah permukaan yang berfungsi untuk pemodelan awal dari data observasi.

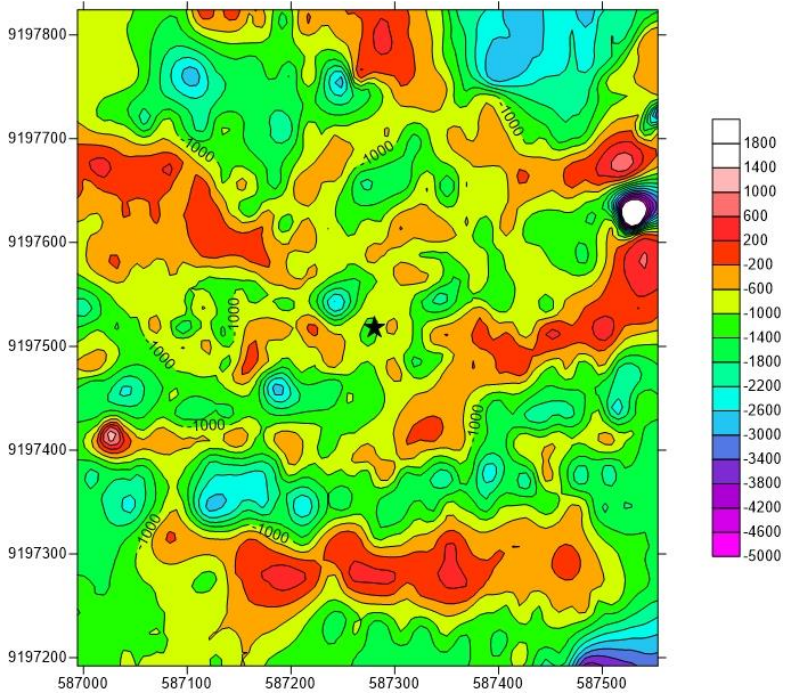
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

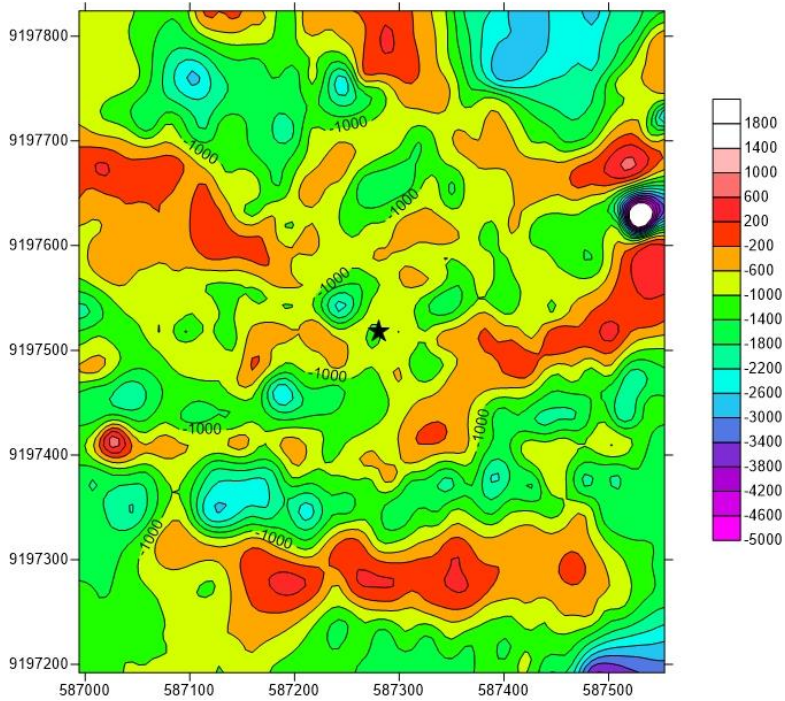
- Blakely, Richard J. 1995. Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications. Cambridge University Press, Cambridge.
- Burger, H. R., A.F. Sheehan, & C.H. Jones. 1992. Introduction to Applied Geophysics Exploring the Shallow Subsurface. New York: W.W. Norton & Company.
- Etiope, Giuseppe. 2013. Natural Gas Seepage: The Earth's Hydrocarbon Degassing. Sezione Roma 2. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Rome, Italy.
- Mallat, S.G., 2009. A wavelet tour of signal processing: the sparse way, 3rd ed. Elsevier/Academic Press, Amsterdam; Boston.
- Mauri, G., Williams-Jones, G., Saracco, G., 2011. MWTmat—application of multiscale wavelet tomography on potential fields. Comput. Geosci. 37, 1825–1835. doi:10.1016/j.cageo.2011.04.005
- Moreau, F., Gibert, D., Holschneider, M., Saracco, G., 1997. Wavelet analysis of potential fields. Inv. Prob. 13 (1), 165–178.
- Nurdiyanto, B., Harsa H., & Ahadi S. 2011. Modul Teori dan Pengolahan Metode Magnetik Sebagai Prekursor Gempabumi. Puslitbang BMKG.
- Rosid, Syamsu. 2008. Geomagnetic Method Lecture Note. Physics Departement, FMIPA UI. Depok.
- Santosa, B.J. 2013. Magnetic Method Interpretation to Determine Subsurface Structure Around Kelud Volcano. Indian Journal of Applied Research, 3(5):328-331.
- Santoso, D. 2002. Pengantar Teknik Geofisika. Penerbit: ITB, Bandung.
- Saracco, G., Labazuy, P., Moreau, F., 2004. Localization of self-potential sources in volcano-electric effect with complex continuous wavelet transform and electrical tomography

- methods for an active volcano. *Geophys. Res. Lett.* 31 (12), L12610.
- Saracco, G., Moreau, F., Mathé, P.-E., Hermitte, D., Michel, J.-M., 2007. Multi-scale tomography of buried magnetic structures: its use in the localization and characterization of archeological structures. *Geophys. J. Int.* 1, 87–103.
- Telford, W.M., L.P. Geldart & R.E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press.
- Untung, M., 2001. *Dasar-Dasar Magnet Dan Gayaberat Serta Beberapa Penerapannya*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.

LAMPIRAN



Gambar Peta kontur anomali magnetik regional 50m.



Gambar Peta kontur anomali magnetik regional 100m.

Tabel Data Sayatan Penelitian

Ja rak	Topo grafi	Medan Magnetik					
		Sayatan A-A'	Sayatan B-B'	Sayatan C-C'	Sayatan D-D'	Sayatan E-E'	Sayatan F-F'
0	0	-510.41	-2040.74	149.59	-703.06	13.90	-1169.25
1	0	-496.30	-1961.31	154.41	-707.57	11.21	-1187.71
2	0	-482.36	-1883.40	158.81	-712.24	8.56	-1205.24
3	0	-468.59	-1807.01	162.81	-717.04	5.92	-1221.84
4	0	-454.99	-1732.15	166.40	-721.99	3.32	-1237.51
5	0	-441.59	-1658.82	169.58	-727.06	0.75	-1252.25
6	0	-428.37	-1587.03	172.35	-732.27	-1.80	-1266.07
7	0	-415.36	-1516.76	174.72	-737.59	-4.31	-1278.96
8	0	-402.54	-1448.04	176.69	-743.04	-6.80	-1290.91
9	0	-389.94	-1380.85	178.26	-748.59	-9.24	-1301.90
10	0	-377.55	-1315.21	179.43	-754.27	-11.66	-1311.92
11	0	-365.39	-1251.11	180.20	-760.08	-14.04	-1320.97
12	0	-353.45	-1188.55	180.58	-766.02	-16.38	-1329.10
13	0	-341.74	-1127.54	180.58	-772.10	-18.68	-1336.32
14	0	-330.26	-1068.08	180.18	-778.33	-20.94	-1342.69
15	0	-319.02	-1010.16	179.40	-784.71	-23.17	-1348.23
16	0	-308.01	-953.80	178.23	-791.24	-25.36	-1352.99
17	0	-297.23	-898.99	176.69	-797.89	-27.50	-1356.95
18	0	-286.70	-845.73	174.78	-804.67	-29.60	-1360.03
19	0	-276.41	-794.02	172.49	-811.54	-31.66	-1362.12
20	0	-266.40	-743.86	169.83	-818.50	-33.68	-1363.09
21	0	-256.63	-695.25	166.79	-825.54	-35.65	-1362.85
22	0	-247.08	-648.19	163.33	-832.64	-37.58	-1361.29
23	0	-237.71	-602.68	159.44	-839.78	-39.45	-1358.30
24	0	-228.49	-558.71	155.07	-846.94	-41.28	-1353.99
25	0	-219.39	-516.29	150.21	-854.11	-43.06	-1348.50
26	0	-210.37	-475.41	144.82	-861.28	-44.79	-1341.99
27	0	-201.43	-436.07	138.90	-868.41	-46.46	-1334.62
28	0	-192.60	-398.24	132.54	-875.52	-48.09	-1326.54
29	0	-183.91	-361.90	125.82	-882.63	-49.68	-1317.91
30	0	-175.39	-327.09	118.84	-889.77	-51.21	-1308.87
31	0	-167.09	-293.82	111.68	-897.00	-52.70	-1299.53
32	0	-159.35	-262.13	104.45	-904.35	-54.14	-1290.00
33	0	-152.64	-232.07	97.21	-911.85	-55.52	-1280.39
34	0	-147.38	-203.64	89.97	-919.56	-56.83	-1270.82
35	0	-143.48	-176.91	82.72	-927.49	-58.05	-1261.38
36	0	-140.69	-151.89	75.40	-935.69	-59.19	-1252.18
37	0	-138.73	-128.63	68.00	-944.16	-60.22	-1243.21

38	0	-137.32	-107.16	60.48	-952.94	-61.16	-1234.45
39	0	-136.20	-87.52	52.82	-962.06	-62.02	-1225.89
40	0	-135.09	-69.73	44.99	-971.54	-62.85	-1217.53
41	0	-133.71	-53.74	36.96	-981.40	-63.65	-1209.33
42	0	-132.29	-39.50	28.74	-991.66	-64.46	-1201.30
43	0	-131.53	-26.94	20.29	-1002.31	-65.31	-1193.41
44	0	-131.20	-15.93	11.60	-1013.38	-66.22	-1185.66
45	0	-130.99	-6.37	2.67	-1024.87	-67.18	-1178.04
46	0	-130.57	1.89	-6.53	-1036.79	-68.17	-1170.55
47	0	-129.61	8.95	-15.99	-1049.14	-69.18	-1163.17
48	0	-127.79	14.95	-25.71	-1061.92	-70.20	-1155.89
49	0	-124.79	19.99	-35.66	-1075.12	-71.20	-1148.70
50	0	-120.70	24.00	-45.85	-1088.71	-72.16	-1141.57
51	0	-115.99	26.14	-56.26	-1102.68	-72.98	-1134.47
52	0	-111.16	26.51	-66.89	-1117.02	-73.44	-1127.38
53	0	-106.71	25.36	-77.73	-1131.72	-73.37	-1120.26
54	0	-103.00	22.91	-88.78	-1146.75	-72.56	-1113.08
55	0	-99.55	19.39	-100.04	-1162.06	-70.82	-1105.82
56	0	-95.66	15.05	-111.50	-1177.64	-67.95	-1098.47
57	0	-90.73	10.11	-123.16	-1193.44	-63.98	-1091.02
58	0	-84.72	4.81	-135.01	-1209.43	-59.33	-1083.45
59	0	-77.90	-0.68	-147.02	-1225.57	-54.50	-1075.75
60	0	-70.51	-6.26	-159.18	-1241.83	-49.95	-1067.92
61	0	-62.79	-11.88	-171.48	-1258.17	-46.19	-1059.94
62	0	-54.99	-17.55	-183.92	-1274.53	-43.69	-1051.84
63	0	-47.37	-23.33	-196.48	-1290.88	-42.82	-1043.64
64	0	-40.17	-29.25	-209.15	-1307.17	-43.30	-1035.37
65	0	-33.19	-35.36	-221.92	-1323.35	-44.63	-1027.08
66	0	-25.90	-41.71	-234.78	-1339.39	-46.30	-1018.78
67	0	-18.46	-48.20	-247.73	-1355.21	-47.79	-1010.53
68	0	-11.11	-54.63	-260.75	-1370.79	-48.60	-1002.34
69	0	-4.04	-60.78	-273.84	-1386.05	-48.25	-994.27
70	0	2.54	-66.44	-286.99	-1400.96	-46.73	-986.36
71	0	8.41	-71.39	-300.19	-1415.45	-44.48	-978.65
72	0	13.36	-75.59	-313.44	-1429.47	-41.99	-971.19
73	0	17.37	-79.11	-326.77	-1442.96	-39.71	-964.01
74	0	20.57	-82.04	-340.20	-1455.85	-38.10	-957.16
75	0	23.13	-84.43	-353.74	-1468.06	-37.65	-950.66
76	0	25.19	-86.33	-367.41	-1479.53	-38.63	-944.51
77	0	26.83	-87.80	-381.24	-1490.19	-40.95	-938.72
78	0	27.86	-88.87	-395.25	-1499.96	-44.43	-933.30

79	0	28.06	-89.61	-409.47	-1508.78	-48.92	-928.26
80	0	27.23	-90.04	-423.94	-1516.55	-54.23	-923.60
81	0	25.30	-90.23	-438.71	-1523.20	-60.21	-919.37
82	0	22.24	-90.04	-453.80	-1528.65	-66.72	-915.60
83	0	18.03	-89.22	-469.25	-1532.81	-73.87	-912.37
84	0	12.64	-87.95	-485.11	-1535.60	-81.90	-909.71
85	0	6.06	-86.47	-501.42	-1536.95	-91.03	-907.69
86	0	-1.74	-84.99	-518.24	-1536.79	-101.48	-906.36
87	0	-10.77	-83.73	-535.61	-1535.08	-113.49	-905.74
88	0	-20.56	-82.91	-553.60	-1531.76	-127.27	-905.78
89	0	-30.50	-82.76	-572.25	-1526.78	-142.78	-906.41
90	0	-40.67	-83.49	-591.62	-1520.10	-159.68	-907.57
91	0	-51.16	-85.34	-611.68	-1511.67	-177.61	-909.20
92	0	-62.08	-88.53	-632.25	-1501.47	-196.21	-911.21
93	0	-73.50	-93.10	-653.14	-1489.54	-215.13	-913.57
94	0	-85.53	-98.90	-674.12	-1475.91	-234.03	-916.25
95	0	-98.25	-105.73	-695.01	-1460.62	-252.62	-919.28
96	0	-111.60	-113.42	-715.59	-1443.71	-270.89	-922.67
97	0	-125.36	-121.78	-735.67	-1425.20	-288.90	-926.45
98	0	-139.29	-130.65	-755.11	-1405.15	-306.66	-930.62
99	0	-153.17	-140.06	-773.79	-1383.72	-324.22	-935.22
100	0	-166.81	-150.21	-791.57	-1361.02	-341.61	-940.20
101	0	-180.07	-161.31	-808.35	-1337.23	-358.89	-945.49
102	0	-192.81	-173.57	-823.98	-1312.47	-376.15	-951.00
103	0	-204.90	-187.15	-838.35	-1286.90	-393.53	-956.63
104	0	-216.19	-201.92	-851.29	-1260.66	-411.19	-962.31
105	0	-226.51	-217.68	-862.56	-1233.91	-429.26	-967.93
106	0	-235.70	-234.21	-871.94	-1206.79	-447.89	-973.42
107	0	-243.59	-251.34	-879.20	-1179.45	-467.21	-978.64
108	0	-250.03	-268.89	-884.10	-1152.05	-487.24	-983.49
109	0	-254.85	-286.72	-886.42	-1124.74	-507.85	-987.83
110	0	-257.88	-304.67	-886.12	-1097.66	-528.89	-991.54
111	0	-260.01	-322.58	-883.82	-1070.97	-550.21	-994.51
112	0	-261.99	-340.29	-880.26	-1044.77	-571.66	-996.76
113	0	-263.56	-357.66	-876.23	-1019.18	-593.10	-998.71
114	0	-264.41	-374.82	-872.35	-994.32	-614.40	-1000.35
115	0	-264.29	-391.96	-868.01	-970.32	-635.50	-1001.62
116	0	-262.90	-408.99	-861.91	-947.28	-656.37	-1002.45
117	0	-259.96	-425.81	-853.80	-925.31	-676.96	-1002.78
118	0	-255.22	-442.30	-844.14	-904.42	-697.25	-1002.53
119	0	-248.77	-458.37	-833.39	-884.61	-717.20	-1001.61

120	0	-241.07	-473.92	-822.03	-865.87	-736.77	-999.81
121	0	-232.65	-488.83	-810.51	-848.22	-755.97	-996.94
122	0	-223.97	-503.00	-799.30	-831.65	-774.83	-992.80
123	0	-215.19	-516.42	-788.80	-816.16	-793.37	-987.20
124	0	-206.11	-529.08	-779.29	-801.74	-811.64	-979.93
125	0	-196.51	-541.06	-771.01	-788.34	-829.64	-970.84
126	0	-186.20	-552.40	-764.22	-775.94	-847.42	-959.92
127	0	-175.30	-563.19	-759.18	-764.51	-864.94	-947.19
128	0	-164.00	-573.50	-756.15	-754.02	-882.08	-932.71
129	0	-152.55	-583.39	-755.32	-744.44	-898.72	-916.49
130	0	-141.16	-592.93	-756.62	-735.74	-914.72	-898.59
131	0	-130.05	-602.13	-759.84	-727.91	-929.95	-879.03
132	0	-119.45	-610.98	-764.80	-720.94	-944.28	-857.91
133	0	-109.56	-619.46	-771.28	-714.81	-957.61	-835.33
134	0	-99.87	-627.55	-779.11	-709.50	-969.94	-811.42
135	0	-90.09	-635.24	-788.07	-705.00	-981.28	-786.29
136	0	-80.45	-642.53	-797.94	-701.30	-991.67	-760.05
137	0	-71.18	-649.44	-808.44	-698.38	-1001.13	-732.84
138	0	-62.50	-655.96	-819.29	-696.24	-1009.68	-704.78
139	0	-54.64	-662.11	-830.23	-694.86	-1017.37	-676.06
140	0	-47.83	-667.90	-840.97	-694.24	-1024.29	-646.89
141	0	-42.27	-673.32	-851.23	-694.37	-1030.60	-617.46
142	0	-37.89	-678.40	-860.77	-695.23	-1036.46	-587.96
143	0	-34.27	-683.13	-869.35	-696.77	-1042.02	-558.60
144	0	-31.00	-687.54	-876.78	-698.87	-1047.46	-529.54
145	0	-27.71	-691.63	-882.84	-701.45	-1052.89	-500.86
146	0	-24.58	-695.47	-887.33	-704.41	-1057.90	-472.58
147	0	-22.17	-699.02	-890.05	-707.66	-1062.44	-444.72
148	0	-21.06	-702.19	-890.78	-711.09	-1066.67	-417.31
149	0	-21.75	-704.84	-889.40	-714.66	-1070.74	-390.37
150	0	-24.13	-706.88	-885.81	-718.35	-1074.81	-363.91
151	0	-27.85	-708.18	-879.92	-722.17	-1079.04	-337.98
152	0	-32.56	-708.64	-871.63	-726.14	-1083.56	-312.58
153	0	-37.89	-708.14	-860.87	-730.25	-1088.52	-287.73
154	0	-43.51	-706.62	-847.52	-734.51	-1094.01	-263.48
155	0	-49.05	-704.52	-831.62	-738.92	-1100.16	-239.82
156	0	-54.21	-702.40	-813.41	-743.52	-1107.07	-216.80
157	0	-60.02	-700.41	-793.11	-748.32	-1114.85	-194.41
158	0	-66.87	-698.62	-770.99	-753.35	-1123.63	-172.67
159	0	-74.45	-697.10	-747.29	-758.64	-1133.42	-151.56
160	0	-82.44	-695.92	-722.26	-764.21	-1144.19	-131.08

161	0	-90.53	-695.14	-696.19	-770.09	-1155.91	-111.21
162	0	-98.42	-694.82	-669.61	-776.25	-1168.53	-91.96
163	0	-105.79	-694.91	-643.14	-782.63	-1182.01	-73.30
164	0	-112.34	-695.31	-617.39	-789.15	-1196.32	-55.23
165	0	-118.15	-695.92	-592.97	-795.77	-1211.39	-37.70
166	0	-123.69	-696.64	-570.50	-802.41	-1227.09	-20.68
167	0	-129.42	-697.31	-550.56	-809.02	-1243.30	-4.15
168	0	-135.74	-697.78	-533.12	-815.61	-1259.88	11.94
169	0	-142.31	-697.84	-517.53	-822.38	-1276.71	27.61
170	0	-148.51	-697.37	-503.13	-829.55	-1293.64	42.88
171	0	-153.70	-696.48	-489.26	-837.31	-1310.56	57.79
172	0	-157.35	-695.40	-475.76	-845.88	-1327.32	72.35
173	0	-159.51	-694.40	-464.22	-855.47	-1343.79	86.58
174	0	-160.50	-693.70	-456.09	-866.16	-1359.84	100.51
175	0	-160.64	-693.56	-451.40	-877.25	-1375.32	114.16
176	0	-160.25	-694.22	-449.91	-887.82	-1390.12	127.52
177	0	-159.65	-695.80	-451.37	-896.95	-1404.08	140.56
178	0	-159.16	-697.88	-455.56	-903.71	-1417.10	153.22
179	0	-159.02	-700.21	-462.22	-907.16	-1429.07	165.41
180	0	-158.24	-702.64	-471.12	-906.46	-1439.90	177.10
181	0	-156.59	-705.05	-482.05	-901.84	-1449.50	188.20
182	0	-154.29	-707.30	-494.79	-894.56	-1457.76	198.67
183	0	-151.55	-709.27	-509.13	-885.88	-1464.58	208.47
184	0	-148.60	-710.83	-524.87	-877.06	-1469.88	217.60
185	0	-145.66	-711.84	-541.78	-869.38	-1473.56	226.05
186	0	-142.94	-712.34	-559.67	-864.10	-1475.51	233.82
187	0	-140.67	-713.47	-578.35	-861.92	-1475.64	240.91
188	0	-138.83	-716.07	-597.68	-862.31	-1473.86	247.31
189	0	-137.21	-719.93	-617.54	-864.53	-1470.07	253.02
190	0	-135.56	-724.81	-637.80	-867.87	-1464.18	258.04
191	0	-133.74	-730.44	-658.32	-871.61	-1456.21	262.40
192	0	-131.95	-736.57	-678.98	-875.03	-1446.21	266.09
193	0	-130.46	-742.92	-699.64	-877.47	-1434.26	269.14
194	0	-129.56	-749.28	-720.16	-878.68	-1420.41	271.54
195	0	-129.49	-755.57	-740.40	-878.55	-1404.73	273.30
196	0	-130.25	-761.80	-760.22	-876.99	-1387.28	274.43
197	0	-131.71	-767.97	-779.48	-873.89	-1368.16	274.93
198	0	-133.77	-774.08	-798.03	-869.15	-1347.52	274.78
199	0	-136.30	-780.11	-815.75	-862.68	-1325.51	273.98
200	0	-139.20	-786.04	-832.57	-854.70	-1302.29	272.54
201	0	-142.34	-791.87	-848.54	-845.69	-1277.99	270.44

202	0	-145.64	-797.57	-863.68	-836.17	-1252.78	267.68
203	0	-149.43	-803.23	-878.02	-826.65	-1226.79	264.24
204	0	-153.78	-808.96	-891.61	-817.64	-1200.15	260.12
205	0	-158.67	-814.86	-904.47	-809.66	-1172.95	255.31
206	0	-164.06	-821.03	-916.64	-803.07	-1145.31	249.78
207	0	-169.94	-827.59	-928.15	-797.81	-1117.34	243.54
208	0	-176.28	-834.63	-939.04	-793.75	-1089.15	236.58
209	0	-183.05	-842.21	-949.34	-790.79	-1060.85	228.93
210	0	-190.23	-850.22	-959.09	-788.80	-1032.56	220.60
211	0	-197.80	-858.51	-968.32	-787.67	-1004.40	211.64
212	0	-205.74	-866.89	-977.07	-787.21	-976.52	202.05
213	0	-214.05	-875.20	-985.37	-786.93	-949.04	191.88
214	0	-222.74	-883.25	-993.25	-786.15	-922.08	181.12
215	0	-231.93	-890.87	-1000.73	-784.20	-895.78	169.55
216	0	-241.73	-897.88	-1007.86	-780.39	-870.23	156.88
217	0	-252.28	-904.10	-1014.66	-774.06	-845.46	142.87
218	0	-263.65	-909.65	-1021.16	-764.55	-821.48	128.16
219	0	-275.74	-915.97	-1027.31	-752.03	-798.34	113.93
220	0	-288.33	-923.54	-1032.99	-737.64	-776.04	101.38
221	0	-301.22	-932.01	-1038.03	-722.60	-754.62	91.51
222	0	-314.20	-941.01	-1042.31	-708.10	-734.10	85.13
223	0	-327.07	-950.17	-1045.65	-695.35	-714.46	83.03
224	0	-339.61	-959.13	-1047.93	-685.55	-695.69	86.00
225	0	-351.77	-967.53	-1049.03	-679.46	-677.78	94.85
226	0	-364.23	-975.07	-1049.04	-676.47	-660.72	110.36
227	0	-377.06	-981.77	-1048.09	-675.66	-644.49	132.63
228	0	-390.15	-987.75	-1046.30	-676.12	-629.08	159.63
229	0	-403.37	-993.12	-1043.81	-676.94	-614.48	188.93
230	0	-416.62	-998.02	-1040.49	-677.21	-600.70	218.09
231	0	-429.76	-1002.65	-1035.94	-676.11	-587.76	244.68
232	0	-442.70	-1007.20	-1029.97	-673.47	-575.65	266.28
233	0	-455.31	-1011.89	-1022.64	-669.54	-564.39	280.70
234	0	-467.64	-1016.80	-1014.00	-664.55	-553.99	288.07
235	0	-479.91	-1021.60	-1004.09	-658.74	-544.45	289.83
236	0	-492.33	-1025.82	-992.96	-652.35	-535.82	287.39
237	0	-505.02	-1028.99	-980.66	-645.61	-528.10	282.21
238	0	-517.95	-1030.65	-967.33	-638.63	-521.35	275.69
239	0	-531.08	-1030.34	-953.27	-631.38	-515.58	269.28
240	0	-544.37	-1027.68	-938.83	-623.77	-510.82	263.60
241	0	-557.79	-1023.87	-924.35	-615.75	-507.11	258.20
242	0	-571.33	-1020.90	-910.18	-607.25	-504.48	252.54

243	0	-584.97	-1018.96	-896.66	-598.20	-502.96	246.07
244	0	-598.72	-1017.77	-884.07	-588.56	-502.59	238.25
245	0	-612.57	-1017.02	-872.25	-578.32	-503.40	228.54
246	0	-626.52	-1016.43	-860.85	-567.50	-505.43	216.68
247	0	-640.56	-1015.73	-849.50	-556.11	-508.72	203.59
248	0	-654.70	-1014.60	-837.85	-544.16	-513.26	190.50
249	0	-668.95	-1012.78	-825.52	-531.66	-519.04	178.62
250	0	-683.30	-1009.89	-812.18	-518.63	-526.05	169.17
251	0	-697.75	-1005.43	-797.83	-505.10	-534.26	163.38
252	0	-712.29	-999.52	-782.96	-491.08	-543.66	162.36
253	0	-726.90	-992.43	-768.11	-476.61	-554.24	165.90
254	0	-741.57	-984.43	-753.78	-461.70	-565.95	172.84
255	0	-756.31	-975.82	-740.52	-446.41	-578.73	181.99
256	0	-771.09	-966.86	-728.83	-430.73	-592.47	192.19
257	0	-785.98	-957.84	-719.14	-414.66	-607.11	202.23
258	0	-801.12	-949.01	-711.43	-398.05	-622.55	210.95
259	0	-816.63	-940.60	-705.61	-380.76	-638.71	217.30
260	0	-832.42	-932.80	-701.55	-362.65	-655.51	220.45
261	0	-848.17	-925.81	-699.15	-343.58	-672.87	219.64
262	0	-863.60	-919.53	-698.30	-323.41	-690.71	214.07
263	0	-878.38	-913.56	-698.90	-302.04	-708.94	202.96
264	0	-892.25	-907.45	-700.98	-279.55	-727.50	185.52
265	0	-905.33	-900.78	-704.68	-256.08	-746.30	161.69
266	0	-917.87	-893.29	-710.15	-231.77	-765.26	135.20
267	0	-930.13	-885.31	-717.52	-206.76	-784.30	111.08
268	0	-942.36	-877.27	-726.92	-181.19	-803.35	94.39
269	0	-954.82	-869.62	-738.51	-155.20	-822.33	90.15
270	0	-967.77	-862.80	-752.23	-128.93	-841.15	103.41
271	0	-980.30	-857.24	-767.62	-102.54	-859.74	138.86
272	0	-989.67	-853.28	-784.17	-76.19	-878.02	194.57
273	0	-996.18	-850.72	-801.36	-50.03	-895.92	262.52
274	0	-1000.69	-849.21	-818.69	-24.21	-913.44	334.47
275	0	-1004.06	-848.57	-835.64	1.11	-930.56	402.17
276	0	-1007.16	-848.67	-851.74	25.76	-947.29	457.37
277	0	-1010.84	-849.36	-866.71	49.55	-963.60	491.84
278	0	-1015.96	-850.51	-880.35	72.28	-979.51	500.99
279	0	-1023.35	-851.97	-892.48	93.75	-995.00	489.20
280	0	-1032.75	-853.60	-902.89	113.77	-1010.09	462.16
281	0	-1042.78	-855.27	-911.40	132.13	-1024.82	425.58
282	0	-1052.13	-857.00	-917.82	148.66	-1039.21	385.16
283	0	-1060.51	-859.07	-922.13	163.26	-1053.30	346.61

284	0	-1068.20	-861.42	-924.51	175.88	-1067.10	314.99
285	0	-1075.49	-863.92	-925.13	186.45	-1080.66	290.76
286	0	-1082.69	-866.47	-924.19	194.92	-1094.01	272.30
287	0	-1090.04	-868.97	-921.94	201.23	-1107.16	257.99
288	0	-1097.41	-871.30	-919.18	205.32	-1120.16	246.19
289	0	-1104.54	-873.36	-916.71	207.21	-1133.03	235.29
290	0	-1111.17	-875.04	-914.44	206.96	-1145.80	223.68
291	0	-1117.01	-876.21	-912.10	204.67	-1158.49	210.67
292	0	-1121.81	-876.76	-909.41	200.41	-1171.14	196.65
293	0	-1125.29	-876.60	-906.09	194.25	-1183.74	182.05
294	0	-1127.49	-875.75	-901.86	186.28	-1196.31	167.30
295	0	-1128.83	-874.33	-896.46	176.60	-1208.85	152.87
296	0	-1129.52	-872.45	-889.90	165.32	-1221.35	139.17
297	0	-1129.72	-870.21	-882.35	152.58	-1233.83	126.54
298	0	-1129.59	-867.67	-873.98	138.51	-1246.29	114.95
299	0	-1129.29	-864.78	-864.99	123.24	-1258.67	104.26
300	0	-1128.99	-861.43	-855.55	106.91	-1270.90	94.38
301	0	-1128.85	-857.56	-845.84	89.65	-1282.90	85.19
302	0	-1129.02	-853.07	-836.01	71.57	-1294.61	76.56
303	0	-1129.22	-847.89	-826.18	52.79	-1305.95	68.40
304	0	-1128.75	-842.01	-816.45	33.42	-1316.85	60.68
305	0	-1126.97	-835.61	-806.92	13.58	-1327.22	53.44
306	0	-1123.66	-828.89	-797.71	-6.61	-1337.02	46.71
307	0	-1118.77	-822.04	-788.90	-27.06	-1346.17	40.50
308	0	-1112.25	-815.25	-780.56	-47.65	-1354.61	34.87
309	0	-1104.02	-808.69	-772.40	-68.34	-1362.28	29.82
310	0	-1094.01	-802.56	-763.98	-89.06	-1369.11	25.39
311	0	-1081.95	-797.05	-754.89	-109.75	-1375.04	21.55
312	0	-1067.51	-792.33	-744.70	-130.35	-1379.99	18.30
313	0	-1050.34	-788.59	-733.00	-150.79	-1383.88	15.60
314	0	-1030.10	-785.72	-719.37	-171.04	-1386.64	13.46
315	0	-1006.45	-783.48	-703.81	-191.08	-1388.18	11.86
316	0	-979.21	-781.97	-686.74	-210.93	-1388.44	10.77
317	0	-952.05	-781.29	-668.59	-230.59	-1387.32	10.22
318	0	-930.41	-781.56	-649.82	-250.08	-1384.83	10.22
319	0	-914.32	-782.87	-630.87	-269.38	-1380.98	10.77
320	0	-902.89	-785.33	-612.17	-288.52	-1375.81	11.90
321	0	-895.28	-789.05	-594.06	-307.55	-1369.35	13.62
322	0	-890.60	-794.13	-576.47	-326.54	-1361.62	15.99
323	0	-887.99	-800.61	-559.22	-345.56	-1352.65	19.18
324	0	-886.58	-808.57	-542.19	-364.67	-1342.49	23.15

325	0	-885.54	-817.97	-525.22	-383.96	-1331.23	27.84
326	0	-884.70	-828.50	-508.15	-403.50	-1318.96	33.21
327	0	-884.63	-839.76	-490.88	-423.36	-1305.76	39.21
328	0	-885.72	-851.39	-473.86	-443.64	-1291.71	45.77
329	0	-887.65	-863.00	-457.89	-464.45	-1276.91	52.84
330	0	-890.00	-874.34	-443.74	-485.86	-1261.45	60.32
331	0	-892.32	-885.40	-432.23	-508.00	-1245.40	68.12
332	0	-894.18	-896.19	-424.13	-530.94	-1228.84	76.13
333	0	-895.16	-906.73	-420.24	-554.78	-1211.83	84.26
334	0	-895.06	-917.03	-420.80	-579.61	-1194.47	92.41
335	0	-893.77	-927.10	-425.07	-605.50	-1176.82	100.49
336	0	-891.18	-937.03	-432.24	-632.52	-1158.95	108.50
337	0	-887.16	-946.91	-441.48	-660.77	-1140.94	116.42
338	0	-881.60	-956.73	-451.98	-690.31	-1122.81	124.29
339	0	-874.46	-966.16	-462.89	-721.22	-1104.63	132.09
340	0	-866.56	-974.86	-473.49	-753.47	-1086.43	139.84
341	0	-858.96	-982.46	-483.53	-786.98	-1068.26	147.54
342	0	-851.82	-988.63	-492.91	-821.67	-1050.17	155.17
343	0	-845.20	-993.02	-501.56	-857.46	-1032.20	162.64
344	0	-839.15	-995.27	-509.37	-894.27	-1014.38	169.90
345	0	-833.69	-995.06	-516.75	-932.02	-996.75	176.86
346	0	-828.88	-992.68	-525.36	-970.62	-979.32	183.45
347	0	-824.77	-988.57	-535.82	-1009.95	-962.14	189.60
348	0	-821.38	-982.86	-547.46	-1049.89	-945.23	195.26
349	0	-818.72	-975.70	-559.59	-1090.31	-928.61	200.37
350	0	-816.69	-967.23	-571.50	-1131.10	-912.24	204.92
351	0	-815.26	-957.60	-582.50	-1172.13	-896.04	208.86
352	0	-814.44	-946.95	-591.87	-1213.29	-879.93	212.16
353	0	-814.25	-935.43	-599.15	-1254.45	-863.86	214.80
354	0	-814.73	-923.12	-604.54	-1295.48	-847.74	216.73
355	0	-815.90	-909.99	-608.38	-1336.27	-831.51	217.93
356	0	-817.77	-896.02	-610.98	-1376.68	-815.17	218.34
357	0	-820.32	-881.23	-612.68	-1416.59	-798.80	217.94
358	0	-823.52	-865.70	-613.80	-1455.88	-782.47	216.69
359	0	-827.32	-849.52	-614.64	-1494.52	-766.28	214.53
360	0	-831.68	-832.78	-615.15	-1532.52	-750.28	211.45
361	0	-836.56	-815.57	-615.10	-1569.89	-734.58	207.42
362	0	-842.21	-797.96	-614.26	-1606.66	-719.23	202.45
363	0	-850.75	-780.04	-612.38	-1642.83	-704.28	196.55
364	0	-864.06	-761.87	-609.23	-1678.44	-689.74	189.75
365	0	-881.56	-743.54	-604.58	-1713.51	-675.66	182.05

366	0	-902.27	-725.11	-598.44	-1748.08	-662.05	173.47
367	0	-925.23	-706.69	-591.24	-1782.20	-648.96	164.03
368	0	-949.45	-688.47	-583.42	-1815.92	-636.41	153.79
369	0	-973.98	-670.69	-575.44	-1849.29	-624.39	142.84
370	0	-997.84	-653.55	-567.76	-1882.36	-612.92	131.24
371	0	-1020.09	-637.18	-560.83	-1915.16	-601.98	119.06
372	0	-1040.67	-621.69	-555.02	-1947.68	-591.57	106.38
373	0	-1060.40	-607.20	-550.34	-1979.90	-581.69	93.28
374	0	-1079.57	-593.82	-546.65	-2011.79	-572.32	79.81
375	0	-1097.79	-581.68	-543.83	-2043.33	-563.46	66.03
376	0	-1114.62	-570.89	-541.75	-2074.50	-555.07	52.01
377	0	-1129.63	-561.53	-540.29	-2105.26	-547.13	37.81
378	0	-1142.40	-553.16	-539.31	-2135.57	-539.60	23.48
379	0	-1152.56	-545.75	-538.65	-2165.34	-532.46	9.08
380	0	-1160.41	-539.43	-538.13	-2194.51	-525.68	-5.32
381	0	-1166.47	-534.36	-537.56	-2223.00	-519.26	-19.64
382	0	-1171.29	-530.68	-536.74	-2250.74	-513.20	-33.83
383	0	-1175.39	-528.51	-535.48	-2277.64	-507.47	-47.80
384	0	-1179.32	-528.02	-533.59	-2303.65	-502.05	-61.49
385	0	-1183.68	-529.33	-531.03	-2328.69	-496.92	-74.83
386	0	-1189.31	-532.43	-528.16	-2352.72	-492.06	-87.75
387	0	-1196.64	-537.16	-525.41	-2375.68	-487.46	-100.24
388	0	-1204.90	-543.34	-523.18	-2397.52	-483.11	-112.30
389	0	-1213.13	-550.80	-521.92	-2418.17	-479.03	-123.93
390	0	-1220.38	-559.40	-522.03	-2437.60	-475.24	-135.14
391	0	-1225.69	-569.00	-523.88	-2455.82	-471.75	-145.93
392	0	-1228.10	-579.45	-527.33	-2472.86	-468.58	-156.29
393	0	-1226.66	-590.60	-531.93	-2488.76	-465.74	-166.22
394	0	-1220.48	-602.42	-537.28	-2503.57	-463.24	-175.71
395	0	-1210.37	-614.94	-542.94	-2517.31	-461.09	-184.75
396	0	-1198.77	-628.20	-548.50	-2530.03	-459.28	-193.32
397	0	-1186.71	-642.27	-553.52	-2541.78	-457.82	-201.40
398	0	-1174.11	-657.18	-557.84	-2552.64	-456.71	-209.00
399	0	-1160.86	-672.97	-561.64	-2562.68	-455.95	-216.10
400	0	-1146.83	-689.63	-565.15	-2571.99	-455.54	-222.79
401	0	-1131.92	-707.16	-568.57	-2580.63	-455.53	-229.12
402	0	-1116.01	-725.53	-572.11	-2588.68	-455.95	-235.16
403	0	-1098.92	-744.76	-575.86	-2596.22	-456.86	-240.97
404	0	-1080.46	-764.83	-579.77	-2603.31	-458.29	-246.63
405	0	-1060.41	-785.75	-583.86	-2610.02	-460.29	-252.20
406	0	-1038.59	-807.51	-588.17	-2616.41	-462.90	-257.69

407	0	-1014.80	-830.12	-592.76	-2622.55	-466.11	-263.12
408	0	-988.85	-853.56	-597.66	-2628.50	-469.88	-268.49
409	0	-960.57	-877.84	-602.91	-2634.32	-474.16	-273.82
410	0	-930.02	-902.98	-608.56	-2640.05	-478.90	-279.11
411	0	-897.71	-928.96	-614.59	-2645.72	-484.07	-284.37
412	0	-864.25	-955.76	-620.91	-2651.37	-489.62	-289.62
413	0	-830.22	-983.35	-627.46	-2657.02	-495.51	-294.89
414	0	-796.23	-1011.72	-634.15	-2662.70	-501.73	-300.22
415	0	-762.89	-1040.84	-640.92	-2668.45	-508.24	-305.63
416	0	-730.79	-1070.70	-647.70	-2674.23	-515.05	-311.16
417	0	-700.47	-1101.27	-654.37	-2679.95	-522.12	-316.83
418	0	-671.40	-1132.63	-660.83	-2685.51	-529.44	-322.65
419	0	-642.06	-1164.97	-666.91	-2690.82	-536.98	-328.50
420	0	-612.40	-1198.02	-672.48	-2695.79	-544.70	-334.28
421	0	-583.08	-1229.85	-677.41	-2700.30	-552.55	-339.87
422	0	-554.74	-1258.13	-681.55	-2704.30	-560.47	-345.15
423	0	-528.03	-1280.54	-684.79	-2707.74	-568.40	-350.00
424	0	-503.61	-1294.75	-687.25	-2710.59	-576.31	-354.31
425	0	-482.01	-1298.63	-689.13	-2712.84	-584.13	-358.15
426	0	-463.07	-1293.58	-690.66	-2714.46	-591.83	-361.61
427	0	-446.30	-1284.14	-692.06	-2715.43	-599.41	-364.80
428	0	-431.23	-1274.95	-693.54	-2715.71	-606.85	-367.80
429	0	-417.36	-1270.66	-695.32	-2715.25	-614.14	-370.63
430	0	-404.25	-1275.73	-697.49	-2713.94	-621.27	-373.35
431	0	-392.05	-1290.03	-699.99	-2711.70	-628.23	-375.93
432	0	-381.81	-1308.18	-702.73	-2708.43	-635.01	-378.28
433	0	-374.30	-1324.70	-705.63	-2704.05	-641.65	-380.29
434	0	-369.52	-1337.58	-708.60	-2698.47	-648.17	-381.87
435	0	-367.30	-1347.65	-711.58	-2691.71	-654.60	-382.91
436	0	-367.49	-1355.82	-714.47	-2683.95	-660.97	-383.30
437	0	-369.95	-1363.01	-717.20	-2675.38	-667.31	-383.02
438	0	-374.52	-1370.12	-719.70	-2666.18	-673.64	-382.37
439	0	-381.05	-1378.07	-721.89	-2656.54	-679.98	-381.68
440	0	-389.40	-1387.78	-723.71	-2646.64	-686.36	-381.32
441	0	-399.40	-1398.86	-725.08	-2636.62	-692.79	-381.63
442	0	-410.95	-1408.47	-725.92	-2626.47	-699.29	-382.96
443	0	-424.05	-1416.27	-726.31	-2616.14	-705.88	-385.65
444	0	-438.74	-1422.05	-726.40	-2605.57	-712.57	-389.54
445	0	-455.07	-1425.61	-726.34	-2594.70	-719.36	-394.23
446	0	-473.09	-1426.74	-726.29	-2583.49	-726.21	-399.28
447	0	-492.82	-1425.24	-726.40	-2571.89	-733.09	-404.27

448	0	-514.29	-1420.91	-726.84	-2559.85	-739.96	-408.78
449	0	-537.34	-1413.61	-727.70	-2547.36	-746.78	-412.38
450	0	-561.72	-1404.18	-728.96	-2534.37	-753.52	-414.85
451	0	-587.19	-1394.15	-730.60	-2520.86	-760.14	-416.34
452	0	-613.52	-1384.43	-732.57	-2506.80	-766.56	-417.04
453	0	-640.49	-1374.92	-734.85	-2492.16	-772.69	-417.12
454	0	-668.34	-1365.45	-737.39	-2476.99	-778.44	-416.77
455	0	-697.68	-1355.82	-740.16	-2461.45	-783.75	-416.17
456	0	-728.87	-1345.87	-743.13	-2445.71	-788.53	-415.44
457	0	-761.60	-1335.43	-746.25	-2429.95	-792.69	-414.34
458	0	-795.47	-1324.63	-749.48	-2414.34	-796.17	-412.54
459	0	-830.05	-1313.83	-752.80	-2399.04	-798.91	-409.71
460	0	-864.93	-1303.37	-756.16	-2384.19	-800.86	-405.51
461	0	-899.69	-1293.59	-759.57	-2369.77	-801.97	-399.60
462	0	-933.92	-1284.73	-763.10	-2355.69	-802.16	-391.68
463	0	-967.25	-1276.06	-766.81	-2341.90	-801.39	-381.85
464	0	-1000.28	-1266.37	-770.80	-2328.32	-799.62	-370.58
465	0	-1034.12	-1254.56	-775.15	-2314.89	-796.81	-358.34
466	0	-1068.44	-1240.70	-779.96	-2301.52	-792.95	-345.62
467	0	-1102.73	-1225.61	-785.30	-2288.22	-788.00	-332.89
468	0	-1136.46	-1210.13	-791.26	-2274.98	-781.95	-320.64
469	0	-1169.08	-1195.10	-797.90	-2261.84	-774.77	-309.30
470	0	-1200.09	-1181.35	-805.27	-2248.80	-766.44	-299.27
471	0	-1229.03	-1169.73	-813.44	-2235.89	-756.99	-290.92
472	0	-1256.10	-1161.06	-822.45	-2223.13	-746.45	-284.64
473	0	-1281.77	-1154.47	-832.37	-2210.54	-734.85	-280.80
474	0	-1306.49	-1148.24	-843.24	-2198.18	-722.21	-279.79
475	0	-1330.73	-1142.29	-855.06	-2186.12	-708.57	-281.89
476	0	-1354.85	-1136.54	-867.78	-2174.41	-693.96	-286.88
477	0	-1378.27	-1130.96	-881.36	-2163.11	-678.40	-294.32
478	0	-1399.93	-1125.48	-895.74	-2152.29	-661.93	-303.76
479	0	-1419.09	-1120.04	-910.87	-2141.98	-644.59	-314.75
480	0	-1435.81	-1114.59	-926.72	-2132.11	-626.40	-326.84
481	0	-1450.30	-1108.93	-943.20	-2122.58	-607.39	-339.60
482	0	-1462.77	-1101.47	-960.23	-2113.29	-587.60	-352.60
483	0	-1473.42	-1089.99	-977.68	-2104.13	-567.04	-365.46
484	0	-1482.45	-1074.21	-995.47	-2095.01	-545.70	-377.82
485	0	-1490.06	-1055.15	-1013.48	-2085.82	-523.56	-389.28
486	0	-1496.46	-1033.88	-1031.60	-2076.53	-500.63	-399.49
487	0	-1501.56	-1011.47	-1049.74	-2067.15	-476.87	-408.05
488	0	-1505.21	-988.99	-1067.80	-2057.71	-452.28	-414.88

489	0	-1507.51	-967.41	-1085.70	-2048.21	-426.85	-420.74
490	0	-1508.59	-946.99	-1103.36	-2038.68	-400.58	-426.55
491	0	-1508.60	-927.58	-1120.69	-2029.14	-373.47	-433.22
492	0	-1507.66	-909.04	-1137.62	-2019.59	-345.53	-441.69
493	0	-1505.90	-891.22	-1154.05	-2010.04	-316.76	-452.85
494	0	-1503.45	-874.03	-1169.88	-2000.48	-287.16	-467.53
495	0	-1500.23	-857.49	-1184.98	-1990.91	-256.74	-485.50
496	0	-1496.12	-841.68	-1199.21	-1981.32	-225.49	-505.97
497	0	-1490.99	-826.64	-1212.44	-1971.72	-193.42	-528.16
498	0	-1484.72	-812.40	-1224.52	-1962.10	-160.51	-551.27
499	0	-1477.22	-798.95	-1235.33	-1952.46	-126.78	-574.53
500	0	-1468.62	-786.28	-1244.75	-1942.81	-92.22	-597.15
501	0	-1459.13	-774.38	-1252.70	-1933.13	-56.83	-618.75
502	0	-1448.91	-763.26	-1259.11	-1923.44	-20.60	-639.50
503	0	-1437.94	-752.90	-1263.94	-1913.73	16.46	-659.60
504	0	-1426.22	-743.28	-1267.12	-1904.01	54.36	-679.27
505	0	-1413.70	-733.99	-1268.58	-1894.28	93.08	-698.73
506	0	-1400.36	-724.89	-1268.27	-1884.52	132.63	-718.17
507	0	-1386.18	-716.18	-1266.22	-1874.74	173.01	-737.78
508	0	-1371.14	-708.02	-1262.48	-1864.95	214.22	-757.53
509	0	-1355.21	-700.62	-1257.13	-1855.12	256.25	-777.36
510	0	-1338.61	-694.14	-1250.23	-1845.27	299.11	-797.22
511	0	-1321.54	-688.79	-1241.87	-1835.38	342.80	-817.04
512	0	-1303.98	-684.74	-1232.09	-1825.47	387.31	-836.77
513	0	-1285.89	-682.19	-1220.95	-1815.51	432.65	-856.36
514	0	-1267.24	-681.46	-1208.43	-1805.51	478.81	-875.79
515	0	-1247.99	-682.79	-1194.52	-1795.47	525.79	-895.11
516	0	-1228.10	-686.10	-1179.21	-1785.38	573.60	-914.34
517	0	-1207.56	-691.14	-1162.47	-1775.23	622.23	-933.51
518	0	-1186.41	-697.71	-1144.33	-1765.03	671.68	-952.66
519	0	-1164.76	-705.59	-1124.87	-1754.78	721.96	-971.83
520	0	-1142.70	-714.54	-1104.22	-1744.46	773.06	-991.01
521	0	-1120.33	-724.38	-1082.49	-1734.07	824.98	-1010.15
522	0	-1097.71	-735.07	-1059.81	-1723.62	877.72	-1029.22
523	0	-1074.82	-746.65	-1036.30	-1713.09	931.29	-1048.15
524	0	-1051.61	-759.15	-1012.09	-1702.49	985.67	-1066.91
525	0	-1028.16	-772.62	-987.30	-1691.81	1040.88	-1085.42
526	0	-1004.79	-787.04	-962.14	-1681.05	1096.90	-1103.66
527	0	-981.84	-802.31	-936.94	-1670.21	1153.75	-1121.61
528	0	-959.70	-818.36	-911.98	-1659.29	1211.42	-1139.27
529	0	-938.71	-835.07	-887.58	-1648.29	1269.90	-1156.64

530	0	-919.24	-852.24	-864.06	-1637.19	1329.21	-1173.72
531	0	-901.64	-869.61	-841.71	-1626.01	1389.33	-1190.52
532	0	-886.25	-886.93	-820.74	-1614.74	1450.28	-1207.02
533	0	-872.41	-903.94	-801.05	-1603.38	1512.04	-1223.21
534	0	-859.49	-920.40	-782.48	-1591.92	1574.62	-1239.08
535	0	-847.45	-936.06	-764.87	-1580.38	1638.02	-1254.64
536	0	-836.25	-950.74	-748.06	-1568.73	1702.24	-1269.88
537	0	-825.86	-964.81	-731.87	-1556.99	1767.27	-1284.79
538	0	-816.25	-978.34	-716.18	-1545.16	1833.13	-1299.38
539	0	-807.39	-991.21	-700.95	-1533.22	1899.80	-1313.65
540	0	-799.25	-1003.32	-686.24	-1521.19	1967.29	-1327.60
541	0	-791.78	-1014.53	-672.11	-1509.06	2035.59	-1341.22
542	0	-784.95	-1024.74	-658.62	-1496.83	2104.72	-1354.53
543	0	-778.73	-1033.82	-645.83	-1484.49	2174.66	-1367.52
544	0	-773.09	-1041.66	-633.79	-1472.06	2245.41	-1380.19
545	0	-768.11	-1048.16	-622.54	-1459.52	2316.99	-1392.54
546	0	-764.12	-1053.21	-612.08	-1446.88	2389.38	-1404.58
547	0	-761.46	-1056.83	-602.39	-1434.13	2462.58	-1416.29
548	0	-760.38	-1059.12	-593.48	-1421.29	2536.61	-1427.70
549	0	-760.77	-1060.23	-585.33	-1408.33	2611.45	-1438.78
550	0	-762.49	-1060.30	-577.95	-1395.28	2687.10	-1449.54
551	0	-765.42	-1059.44	-571.32	-1382.11	2763.57	-1459.98
552	0	-769.41	-1057.81	-565.45	0.00	2840.86	-1470.09
553	0	-774.32	-1055.51	-560.31	0.00	2918.96	-1479.89
554	0	-780.03	-1052.52	0.00	0.00	2997.88	-1489.35
555	0	-786.38	-1048.79	0.00	0.00	3077.62	0.00
556	0	-793.23	-1044.26	0.00	0.00	3158.17	0.00
557	0	-800.73	-1038.88	0.00	0.00	3239.53	0.00
558	0	-809.11	-1032.71	0.00	0.00	3321.71	0.00
559	0	-818.61	-1025.88	0.00	0.00	0.00	0.00
560	0	-829.49	-1018.50	0.00	0.00	0.00	0.00
561	0	-841.99	-1010.72	0.00	0.00	0.00	0.00
562	0	-856.35	-1002.70	0.00	0.00	0.00	0.00
563	0	-872.79	-994.61	0.00	0.00	0.00	0.00
564	0	-891.23	-986.64	0.00	0.00	0.00	0.00
565	0	-911.51	-978.96	0.00	0.00	0.00	0.00
566	0	-933.45	-971.75	0.00	0.00	0.00	0.00
567	0	-956.91	-965.19	0.00	0.00	0.00	0.00
568	0	-982.58	-959.25	0.00	0.00	0.00	0.00
569	0	-1012.12	-953.51	0.00	0.00	0.00	0.00
570	0	-1047.23	-948.03	0.00	0.00	0.00	0.00

571	0	-1088.62	-943.00	0.00	0.00	0.00	0.00
572	0	-1134.61	-938.63	0.00	0.00	0.00	0.00
573	0	-1183.10	-935.11	0.00	0.00	0.00	0.00
574	0	-1232.02	-932.64	0.00	0.00	0.00	0.00
575	0	-1279.27	-931.44	0.00	0.00	0.00	0.00
576	0	-1322.79	-931.69	0.00	0.00	0.00	0.00
577	0	-1360.48	-933.55	0.00	0.00	0.00	0.00
578	0	-1390.61	-937.00	0.00	0.00	0.00	0.00
579	0	-1416.86	-941.98	0.00	0.00	0.00	0.00
580	0	-1441.20	-948.45	0.00	0.00	0.00	0.00
581	0	-1463.74	-956.37	0.00	0.00	0.00	0.00
582	0	-1484.59	-965.72	0.00	0.00	0.00	0.00
583	0	-1503.86	-976.44	0.00	0.00	0.00	0.00
584	0	-1521.67	-988.50	0.00	0.00	0.00	0.00
585	0	-1538.13	-1001.88	0.00	0.00	0.00	0.00
586	0	-1553.34	-1016.61	0.00	0.00	0.00	0.00
587	0	-1567.39	-1032.73	0.00	0.00	0.00	0.00
588	0	-1580.33	-1050.30	0.00	0.00	0.00	0.00
589	0	-1592.24	-1069.33	0.00	0.00	0.00	0.00
590	0	-1603.19	-1089.75	0.00	0.00	0.00	0.00
591	0	-1613.50	-1111.47	0.00	0.00	0.00	0.00
592	0	-1623.64	-1134.40	0.00	0.00	0.00	0.00
593	0	-1634.06	-1158.45	0.00	0.00	0.00	0.00
594	0	-1645.02	-1183.51	0.00	0.00	0.00	0.00
595	0	-1656.15	-1209.50	0.00	0.00	0.00	0.00
596	0	-1667.02	-1236.31	0.00	0.00	0.00	0.00
597	0	-1677.18	-1263.84	0.00	0.00	0.00	0.00
598	0	-1686.18	-1292.00	0.00	0.00	0.00	0.00
599	0	-1693.58	-1320.69	0.00	0.00	0.00	0.00
600	0	-1698.94	-1350.03	0.00	0.00	0.00	0.00
601	0	-1702.02	-1380.25	0.00	0.00	0.00	0.00
602	0	-1704.56	-1411.21	0.00	0.00	0.00	0.00
603	0	-1707.13	-1442.71	0.00	0.00	0.00	0.00
604	0	-1709.69	-1474.51	0.00	0.00	0.00	0.00
605	0	-1712.21	-1506.42	0.00	0.00	0.00	0.00
606	0	-1714.67	-1538.21	0.00	0.00	0.00	0.00
607	0	-1717.02	-1569.67	0.00	0.00	0.00	0.00
608	0	-1719.26	-1600.58	0.00	0.00	0.00	0.00
609	0	-1721.35	-1630.93	0.00	0.00	0.00	0.00
610	0	-1723.29	-1661.13	0.00	0.00	0.00	0.00
611	0	-1725.12	-1691.20	0.00	0.00	0.00	0.00

612	0	-1726.84	-1720.99	0.00	0.00	0.00	0.00
613	0	-1728.47	-1750.34	0.00	0.00	0.00	0.00
614	0	-1730.03	-1779.10	0.00	0.00	0.00	0.00
615	0	-1731.53	-1807.11	0.00	0.00	0.00	0.00
616	0	-1732.96	-1834.21	0.00	0.00	0.00	0.00
617	0	-1734.34	-1860.26	0.00	0.00	0.00	0.00
618	0	-1735.63	-1885.14	0.00	0.00	0.00	0.00
619	0	-1736.82	-1908.74	0.00	0.00	0.00	0.00
620	0	-1737.89	-1930.96	0.00	0.00	0.00	0.00
621	0	-1738.81	-1951.73	0.00	0.00	0.00	0.00
622	0	-1739.57	-1971.12	0.00	0.00	0.00	0.00
623	0	-1740.13	-1989.19	0.00	0.00	0.00	0.00
624	0	-1740.50	-2005.99	0.00	0.00	0.00	0.00
625	0	-1740.76	-2021.53	0.00	0.00	0.00	0.00
626	0	-1740.92	-2035.68	0.00	0.00	0.00	0.00
627	0	-1741.00	-2048.28	0.00	0.00	0.00	0.00
628	0	-1740.99	-2059.19	0.00	0.00	0.00	0.00
629	0	-1740.90	-2068.24	0.00	0.00	0.00	0.00
630	0	-1740.73	-2075.29	0.00	0.00	0.00	0.00
631	0	-1740.49	-2080.19	0.00	0.00	0.00	0.00
632	0	-1740.15	-2082.93	0.00	0.00	0.00	0.00
633	0	-1739.62	-2083.61	0.00	0.00	0.00	0.00
634	0	-1738.74	-2082.35	0.00	0.00	0.00	0.00
635	0	-1737.37	-2079.29	0.00	0.00	0.00	0.00
636	0	-1735.41	-2074.58	0.00	0.00	0.00	0.00
637	0	-1732.92	-2068.36	0.00	0.00	0.00	0.00
638	0	-1730.03	-2060.78	0.00	0.00	0.00	0.00
639	0	-1726.85	-2051.98	0.00	0.00	0.00	0.00
640	0	-1723.46	-2042.10	0.00	0.00	0.00	0.00
641	0	-1719.88	-2031.17	0.00	0.00	0.00	0.00
642	0	-1716.07	-2019.01	0.00	0.00	0.00	0.00
643	0	-1712.04	-2005.68	0.00	0.00	0.00	0.00
644	0	-1707.76	-1991.26	0.00	0.00	0.00	0.00
645	0	-1703.22	-1975.81	0.00	0.00	0.00	0.00
646	0	-1698.40	-1959.42	0.00	0.00	0.00	0.00
647	0	-1693.31	-1942.16	0.00	0.00	0.00	0.00
648	0	-1687.94	-1924.11	0.00	0.00	0.00	0.00
649	0	-1682.31	-1905.44	0.00	0.00	0.00	0.00
650	0	-1676.40	-1886.53	0.00	0.00	0.00	0.00
651	0	-1670.21	-1867.80	0.00	0.00	0.00	0.00
652	0	-1663.74	-1849.62	0.00	0.00	0.00	0.00

653	0	-1657.00	-1832.15	0.00	0.00	0.00	0.00
654	0	-1649.97	-1815.37	0.00	0.00	0.00	0.00
655	0	-1642.65	-1799.27	0.00	0.00	0.00	0.00
656	0	-1635.06	-1783.83	0.00	0.00	0.00	0.00
657	0	-1627.17	-1769.02	0.00	0.00	0.00	0.00
658	0	-1619.01	-1754.76	0.00	0.00	0.00	0.00
659	0	-1610.56	-1740.99	0.00	0.00	0.00	0.00
660	0	-1601.83	-1727.63	0.00	0.00	0.00	0.00
661	0	-1592.82	-1714.62	0.00	0.00	0.00	0.00
662	0	-1583.54	-1701.87	0.00	0.00	0.00	0.00
663	0	-1573.98	-1689.35	0.00	0.00	0.00	0.00
664	0	0.00	-1677.07	0.00	0.00	0.00	0.00
665	0	0.00	-1665.07	0.00	0.00	0.00	0.00
666	0	0.00	-1653.35	0.00	0.00	0.00	0.00
667	0	0.00	-1641.92	0.00	0.00	0.00	0.00
668	0	0.00	-1630.76	0.00	0.00	0.00	0.00
669	0	0.00	-1619.89	0.00	0.00	0.00	0.00
670	0	0.00	-1609.31	0.00	0.00	0.00	0.00
671	0	0.00	-1599.01	0.00	0.00	0.00	0.00
672	0	0.00	-1589.00	0.00	0.00	0.00	0.00
673	0	0.00	-1579.27	0.00	0.00	0.00	0.00
674	0	0.00	-1569.85	0.00	0.00	0.00	0.00
675	0	0.00	-1560.73	0.00	0.00	0.00	0.00
676	0	0.00	-1551.92	0.00	0.00	0.00	0.00
677	0	0.00	-1543.42	0.00	0.00	0.00	0.00
678	0	0.00	-1535.23	0.00	0.00	0.00	0.00
679	0	0.00	-1527.36	0.00	0.00	0.00	0.00
680	0	0.00	-1519.81	0.00	0.00	0.00	0.00
681	0	0.00	-1512.59	0.00	0.00	0.00	0.00
682	0	0.00	-1505.69	0.00	0.00	0.00	0.00
683	0	0.00	-1499.13	0.00	0.00	0.00	0.00

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang dilahirkan di Banyuwangi pada 6 Maret 1995 dari pasangan Suyoto dan Murtina. Se-masa kecil penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Kalibaru Wetan, SMPN 1 Kalibaru dan SMAN 2 Jember. Pada pertengahan tahun 2013 penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA ITS melalui jalur SNMPTN dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 1113100041. Selama perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan dan organisasi mahasiswa. Beberapa organisasi dalam kampus yang sempat ditekuni penulis yaitu sebagai staf Departemen Hubungan Luar HIMASIKA ITS (2014-2015), sekretaris *Public Ralation Department* HIMASIKA ITS (2015-2016). Penulis juga aktif dalam organisasi luar kampus yaitu sebagai Koordinator Informasi Komunikasi FORMASI (2015-2016). Selain itu penulis juga aktif dalam kepanitiaan di ITS diantaranya yaitu GERIGI (2014-2016), dll. Kritik dan saran dapat di kirim ke: shafitri.wulandhari@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”